electronic bookmarks
potenziometro quarzi oscillatori BoeBot circuiti ibridi dissipatori termici
luce lampeggiante Microsoft Robotics Studio monitor consumi radio AM

n. 303 SETTEMBRE Anno XXVI € 6,00

fare elettronica

www.farelettronica.com

Come si dimensiona un DISSIPATORE

PROGETTI

Potenziometro digitale

Monitor di consumi domestici

Radioricevitore AM

Luce lampeggiante

La tecnologia DEI CIRCUITI IBRIDI

FUNZIONAMENTO E CIRCUITI APPLICATIVI

QUARZI ed oscillatori

IE mobile

Inquadra il codice per accedere ai contenuti!

MENSILE - Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano. In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano

ISSN 1591-2272

00303

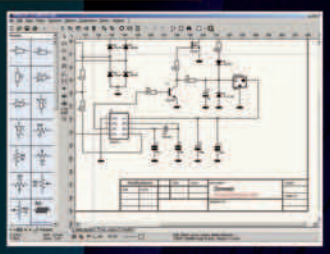
9 771591 227008

Progettazione elettronica

facile per tutti!

sPlan 7.0

Programma per disegnare gli schemi elettrici.



Solo € 47,88

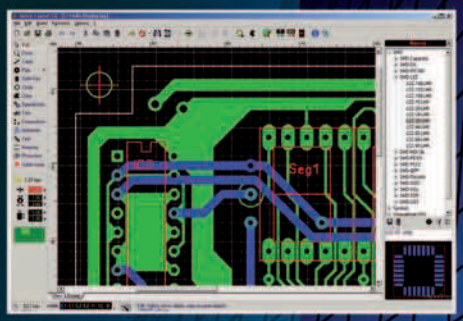
Front Designer

Programma per disegnare i pannelli frontali

Solo € 47,88

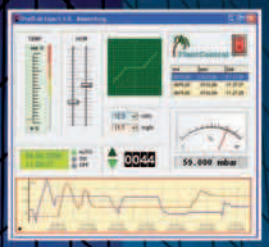
Sprint-Layout 5.0

Con Sprint-Layout è possibile disegnare il proprio PCB in modo facile e veloce.



Solo € 47,88

ProfiLab-Expert 4.0



Il software ProfiLab-Expert permette di sviluppare i propri progetti di misurazione digitale o analogica.

Solo € 119,88

Prezzi IVA inclusa

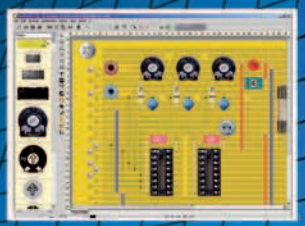
AudioWave 2.0

Con AudioWave 2.0 la propria scheda audio diventa un confortevole generatore di segnale LF che genera segnali da 1Hz a 20 kHz con una risoluzione di 1Hz.

Solo € 35,88

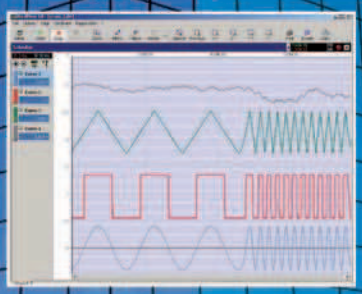
LochMaster 3.0

LochMaster 3.0 è uno strumento di sviluppo per la progettazione di boards. Possiede utili funzionalità per disegnare, documentare e testare una board.



Solo € 47,88

Real View 3.0



RealView è un'applicazione di misurazione che registra e traccia i valori acquisiti da dispositivi hardware analogici in tempo reale. Diverse curve possono essere tracciate in un singolo diagramma.

Solo € 47,88

CODICE MIP 2791200

CODICE MIP 2793117

PUOI ORDINARE I SOFTWARE ABACOM SUL SITO www.ieshop.it/abacom
oppure telefonando allo 02 66504755

ELETTRONICA E NON SOLO

Tutto quello che ti serve

480.000 prodotti da
3.500 marchi leader

Quando ti serve

Consegna in 24 ore

www.farnell.com/it

- Gamma di componenti da produttori leader
- Disponibilità per consegne in 24 ore
- Le tecnologie all'avanguardia, disponibili in anteprima
- Nessun minimo ordinabile
- Servizio affidabile e garantito

Farnell

Progetta con i migliori

A Premier Farnell Company

CODICE MIP 2784993

sommario

303
settembre 2010

Zoom

18 LA TECNOLOGIA DEI CIRCUITI IBRIDI

Un circuito ibrido combina l'integrazione diretta di alcuni componenti passivi sul substrato ceramico con il montaggio successivo, solitamente di tipo superficiale, di componenti discreti. Ecco di cosa si tratta.

di Antonio Giannico

Progettare & costruire

32 LUCE LAMPEGGIANTE AD ALTA LUMINOSITÀ

Utilizzabile come fanalino per bicicletta, o qualsiasi altro segnalatore che debba essere alimentato a pile mantenendo una buona autonomia.

di Daniele Cappa

34 CONSUMI SOTTO CONTROLLO!

In tema di risparmio energetico un dispositivo di controllo del consumo applicato al contatore di energia elettrica capita proprio a puntino

di Ettore Piccirillo

42 POTENZIOMETRO DIGITALE A CONTROLLO ANALOGICO

Questo articolo propone un circuito in grado di controllare il valore di un potenziometro digitale partendo da una semplice tensione analogica.

di Luca Stanzani

Imparare & approfondire

46 QUARZI E CIRCUITI OSCILLATORI

Cosa è esattamente un quarzo e cos'è un oscillatore? Come funzionano e quale legame applicativo li unisce? A queste e ad altre curiosità teoriche e pratiche daremo risposta in modo semplice ed intuitivo in questo breve articolo.

di Antonio Giannico

58 POKEYS 55T (terza parte)

Approfondiamo ulteriormente l'operatività del PoKeys, studiandone altri aspetti funzionali presenti nei sistemi più sofisticati.

di Giovanni Di Maria

62 I DISSIPATORI TERMICI

Qualunque componente elettronico durante il suo funzionamento genera calore. Ma come è possibile calcolare e quantificare il calore che è necessario dissipare e come è possibile dimensionare e scegliere il dissipatore adeguato?

di Antonio Giannico

Radio & radio

76 IL MIO PRIMO AM

Scopo di questo articolo è quello di scoprire i principi che stanno alla base del più semplice ricevitore radio in modulazione di ampiezza (AM), proponendo anche la costruzione di un semplice circuito radio nella gamma delle onde medie con componenti a basso costo e facilmente recuperabili.

di Stefano Lovati

Rispondi e... VINCI! *pag.* 81

DIVERTITI E METTI ALLA PROVA LE TUE CONOSCENZE CON **ELETTRO QUIZ** E VINCI OGNI MESE ESCLUSIVI PREMI!

L'angolo di Mr A.Keer

82 MOLTIPLICATORI
Dopo i sommatori e i sottrattori, dopo la sofisticata ALU, terminiamo con i moltiplicatori la rassegna delle macchine combinatorie a supporto delle operazioni aritmetiche.
di Giorgio Ober

Robot Zone

94 ESPERIMENTI ROBOTICI CON IL BOE BOT
La navigazione sensoriale.
In questo numero ci dedicheremo alla navigazione sensoriale attraverso i trasduttori forniti in dotazione al kit Boe Bot.
di Nicola De Crescenzo e Franco Tedeschi

104 MICROSOFT ROBOTICS STUDIO – SESTA PARTE
Visual Programming Language Microsoft Robotics Studio è un ambiente di lavoro in grado di interagire con le proprie applicazioni attraverso Microsoft Visual Programming Language, conosciuto anche come VPL: un potente strumento grafico per definire il proprio progetto e interagire con le diverse componenti.
di Francesco Pentella

rubriche

7 Editoriale
10 Idee di progetto
14 Eventi
16 News
81 Elettroquiz

LUPUS IN FABULA

Ge intelligent platforms 16 - Linear technology 16 - Microchip 40 - Molex 41 - National Semiconductor 17, 41 - Toshiba 16, 41

prossimamente su Fare Elettronica

COMING...

- AMPLIFICATORE DI CORRENTE PER SWITCHING
- L'USB3.0
- STABILIZZATORI DI TENSIONE INTEGRATI
- WOLFARM ALPHA

IE mobile

Usa il mobile tagging per vedere sul tuo telefonino gli approfondimenti e gli aggiornamenti sui contenuti della rivista.
Per saperne di più visita *www.inwaredizioni.it/IEMOB*

COSA DEVI FARE:

1) Questa operazione la farai una sola volta.
Scarica ed installa gratuitamente il software per il tuo telefonino dalla pagina *http://gettag.mobi*
2) Clicca l'icona TagReader sul tuo telefonino
3) Inquadra il codice e segui le istruzioni del software di lettura
4) Il telefono si collega al sito mobile per visualizzare i contenuti

Gli articoli contrassegnati col simbolo WWW sono già disponibili in formato PDF* all'indirizzo *www.farelettronica.com/club*

**Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.*

elenco inserzionisti

Blu Nautilus pag. 31
Piazza Tre Martiri 24 - 47900 Rimini (RN)
Tel. 0541 439575 - www.blunautilus.it

Comune di Scandiano - Ufficio Fiera pag. 14
Piazza Trampolini 1 - 42019 Scandiano (RE)
Tel. 0522 857436 - www.fierascandiano.it

Elettroshop pag. 51
via Cadorna, 27/31 - 20032 Cormano (MI)
Tel. 02 66504794 - www.elettroshop.com

E.R.F. pag. 101
Largo Fiera della Pesca 11 - 60100 Ancona (AN)
Tel. 0733/780815 - www.erf.it

Evr pag. 16
Viale Kennedy, 96 - 20027 Rescaldina (MI)
Tel. 0331 1815404 - www.evr-electronics.com

Exposition Service pag. 15, 79, 105
V.le Dante Alighieri 54 - 48022 Lugo (RA)
Tel. 0545 27548 - www.mondoelettronica.net

Farnell Italia pag. 3
C.so Europa, 20-22 – 20020 Lainate (MI)
Tel. 02 939951 - www.farnell.com

Fiera Millenaria di Gonzaga pag. 71
Via Fiera Millenaria, 13 - 46023 Gonzaga (MO)
Tel. 0376 58098 - www.fieramillenaria.it

Futura Elettronica pag. 9
Via Adige, 11 - 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331 792287 - www.futuranet.it

Italfiere pag. 37
Via Caduti di via Fani 65 - 47023 Cesena (FC)
Tel. 0547 415674 - www.italfiere.net

LeCroy pag. 13
via E. Mattei Valecenter 1/c/102a - 30020 Marcon (VE)
Tel. 041 5997011 - www.lecroy.com

MikroElektronica pag. 39
Visegradska, 1A - 11000 Belgrade
Tel. +381 11 3628830 – www.mikroe.com

Millennium Dataware pag. 49
Corso Repubblica 48 - 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131 860254 - www.mdsrl.it

Monacofiere pag. 27
Via Bernardo Rucellai 10 - 20126 Milano
Tel. +39 02 36531203 - www.blusfera.it

PCB-Pool pag. 41
Bay 98-99 - Shannon Free Zone - Shannon - County Clare
Tel. +353 (0)61 701170 - www.beta-layout.com

Tecnoimprese pag. 75
Via Console Flaminio, 19 - 20134 Milano
Tel. 02 2101111 - www.tecnoimprese.it

Teltools pag. 40
Via della martinella 9 - 20152 Milano
www.carrideo.it - www.teltools.it

è online!

CODICE MIP 2791240

» Applicazioni nei settori IT/Telecomunicazioni, Automazione industriale, Building Automation, Medical Automation, Automotive, Retail/POS, Hobby

» Categorie prodotti: Embedded, System, Connectivity e Visualisation

» Centinaia di circuiti elettronici GRATUITI

» Blog

» RSS Feed

TUTTO QUESTO SUL NUOVO

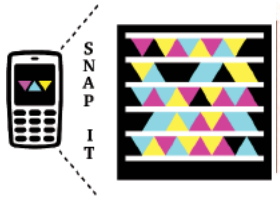
www.netwaves.it

di MAURIZIO DEL CORSO

NUOVI MODI di comunicazione

I segnali del mercato parlano chiaro: molto presto l'e-reader sarà parte integrante della nostra vita.

Navigando in rete e documentandomi tramite articoli di settore, sono giunto ad una conclusione riguardo alla questione "libri elettronici". Il grande successo di vendita di iPad, la recente netta riduzione di prezzo del nuovo modello di Kindle appena presentato, la notizia che lo store di Amazon abbia nel corso dell'ultimo mese venduto un numero maggiore di testi elettronici rispetto a quelli cartacei a copertina rigida, la recente adozione dei libri elettronici nelle scuole italiane, mi hanno portato a dedurre che la rivoluzione verso il libro elettronico è in fase di grande accelerazione. Ma il passaggio dalla carta al formato elettronico non è un semplice adattamento dei contenuti ad un differente supporto, bensì un modo nuovo di fruire dell'informazione. In altre parole non dovremmo "rassegnarci" a leggere le notizie su un e-reader, ma dovremmo invece metterci in testa che il modo di divulgazione delle informazioni sta cambiando e l'e-reader sarà presto uno strumento quotidiano, un endpoint per la fruizione di contenuti. Stiamo assistendo ad una evoluzione simile a quella dell'introduzione del telefono: certo, si vive anche senza, ma se oggi uscite dimenticandovi il cellulare con tutta probabilità tornerete indietro a prenderlo a testimonianza che è oramai parte integrante della nostra vita. È solo questione di tempo, molto presto sarà così anche per l'e-reader.



Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi

Scatta una foto al codice sopra riportato i primi 10 avranno una iscrizione gratuita al club di Fare Elettronica!

in fatto di "campagne"... la nostra non ha rivali

ABBONATI
SUBITO
RISPARMI
FINO AL 40%!

Scopri gli altri abbonamenti in offerta qui
abbonamenti.ieshop.it

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Segreteria di redazione
Giorgia Generali

Comitato Scientifico
Antonio Cecere, Francesco Di Lorenzo,Giovanni Di Maria, Adriano Gandolfo, Antonio Giannico, Giorgio Ober, Francesco Pentella, Luca Stanzani, Franco Tedeschi.

Art Director
Patrizia Villa

Grafica e impaginazione
Mara Florian

Hanno collaborato in questo numero:
Antonio Giannico, Daniele Cappa, Ettore Piccirillo, Francesco Di Lorenzo, Francesco Pentella, Franco Tedeschi, Giorgio Ober, Giovanni Di Maria, Luca Stanzani, Nicola De Crescenzo, Stefano Lovati

Direzione Redazione
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Pubblicitá per l'Italia
Agostino Simone
Tel. 347 2230684
media@inwaredizioni.it

International Advertisement
Elisabetta Rossi
Tel. 328 3245956
international@inwaredizioni.it

Stampa
Grafiche Sima
Via Provinciale Francesca, 52
24040 Ciserano (BG)

Distribuzione
Parrini & C s.p.a.
Via di Santa Cornelia, 9
00060 Formello (RM)

Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

Abbonamento per l'Italia:
€ 55,00
Abbonamento per l'estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione

Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n.647
del 17/11/2003

Mensile associato all'USPI
(Unione Stampa Periodica Italiana)

© Copyright
Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. Manoscritti, disegni e fotografie sono di proprietà di Inware Edizioni srl. È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

Privacy
Nel caso la rivista sia pervenuta in abbonamento o in omaggio, si rende noto che i dati in nostro possesso sono impiegati nel pieno rispetto del D.Lgs. 196/2003. I dati trasmessi a mezzo cartoline o questionari presenti nella rivista, potranno venire utilizzati per indagini di mercato, proposte commerciali, o l'inoltro di altri prodotti editoriali a scopo di saggio. L'interessato potrà avvalersi dei diritti previsti dalla succitata legge. In conformità a quanto disposto dal Codice di deontologia relativo al Trattamento di dati personali art. 2, comma 2, si comunica che presso la nostra sede di Cormano Via Cadorna 27, esiste una banca dati di uso redazionale. Gli interessati potranno esercitare i diritti previsti dal D.Lgs. 196/2003 contattando il Responsabile del Trattamento Inware Edizioni Srl (info@inwaredizioni.it).

Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

LA "PICCOLA" CNC PER I TUOI
GRANDI PROGETTI

cod. MECCANICACNC

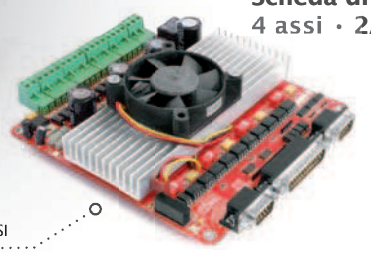
€ 648,00

Prezzi IVA inclusa.

Meccanica per CNC • in kit

- Struttura in alluminio
- Viti trapezoidali M16 x 4 mm
- Chiocciole in bronzo
- Piano scanalato 40 x 18 mm con 4 canali a T
- Scorrimento:
  - doppi cuscinetti lineari da 16 mm su asse X
  - boccole da 16 mm su asse Y
- Attacco per elettromandrino Ø 43 mm
- Attacco per motori Nema 23 (57 x 57 mm, asse 6,35mm)
- Dimensioni 415 x 356 x 270 mm
- Adatta per lavorazioni su legno, plastica e alluminio.

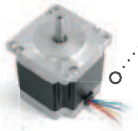
Scheda driver 4 assi • 2A



cod. SCHEDA4ASSI

€ 180,00

Motore passo-passo bipolare 2,5A



cod. STEPMOT02

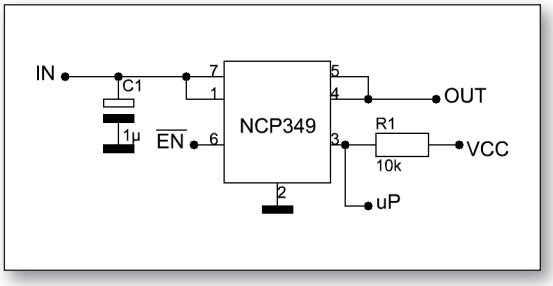
€ 44,00

FUTURA ELETTRONICA

Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331/799775 • Fax. 0331/792287

Maggiori informazioni su questi prodotti e su tutte le altre apparecchiature sono disponibili sul sito *www.futurashop.it* tramite il quale è anche possibile effettuare acquisti on-line.

CODICE MIP 2779598

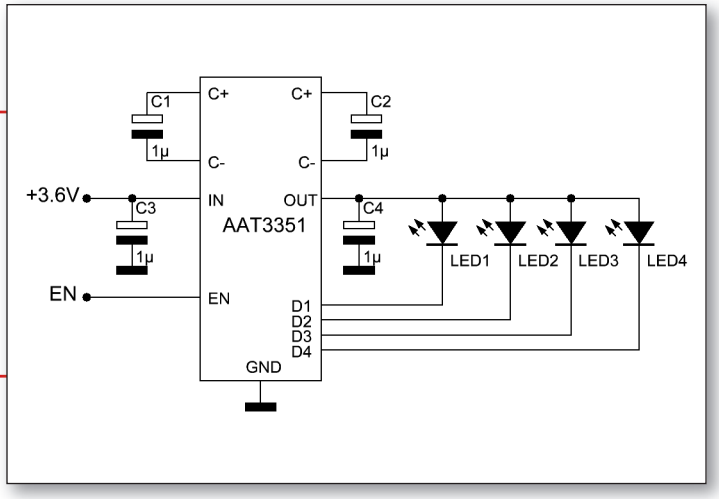


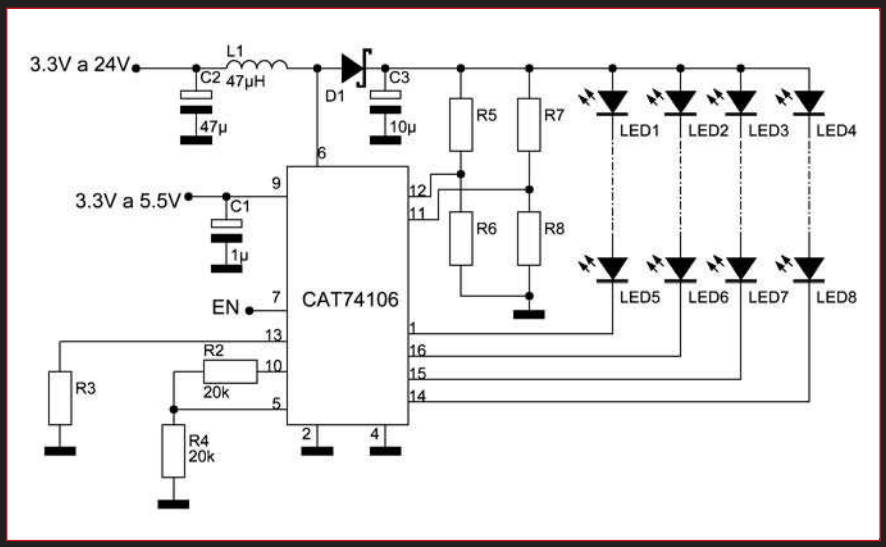
PROTEZIONE *PER CORTO CIRCUITO*

Il circutio è basato su un integrato che è in grado di scollegare l'uscita quando ai suoi ingressi si verifica un corto. L'integrato accetta tensioni massime di 28V e al suo interno incorpora un transistor NMOS

STEP-UP CONVERTER

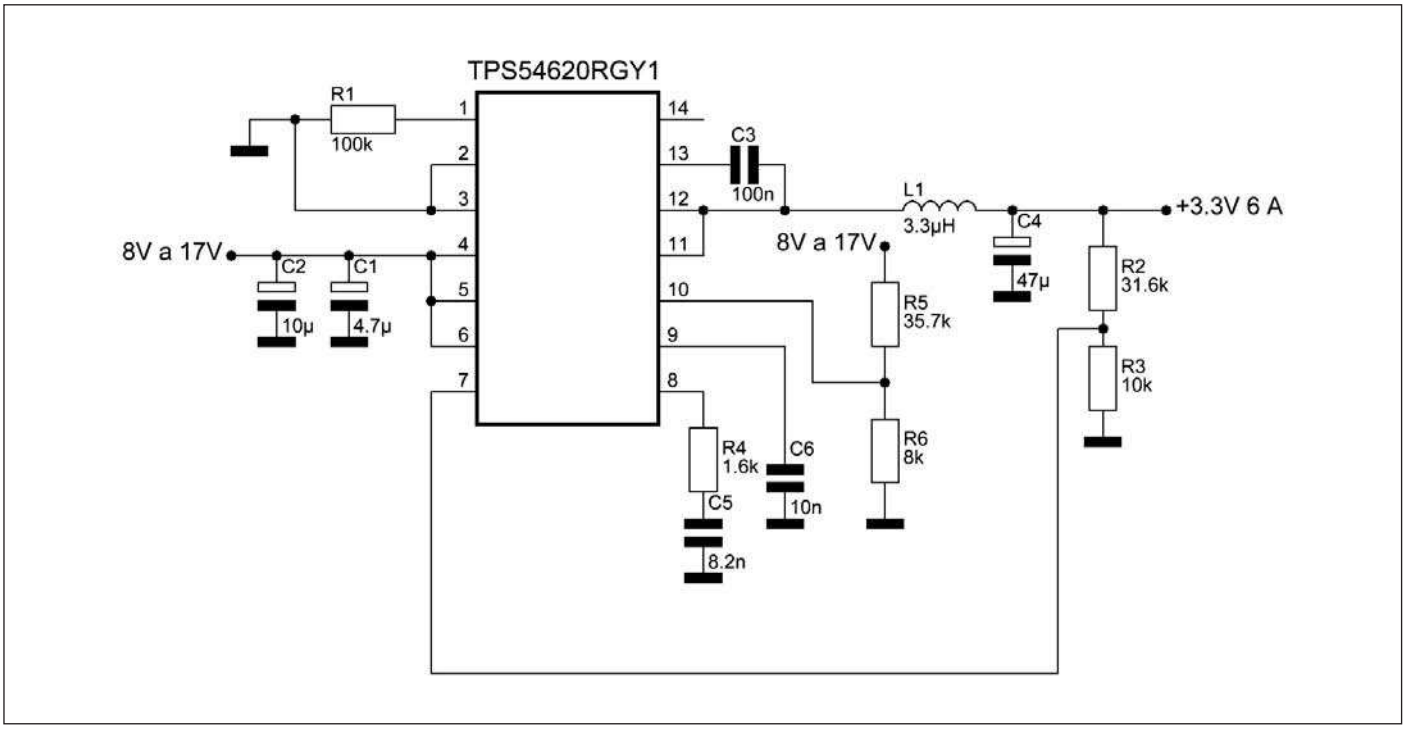
Questo circuito è ideale per applicazioni quali cellulari o retroilluminazioni per display LCD. È realizzato con un AAT3351 il quale è un convertitore DC/DC del tipo step-up che riesce a far accendere 4 led posti sui rispettivi canali con una corrente superiore ai 30mA. Viene alimentato mediante una batteria con un tensione di 3.6V.





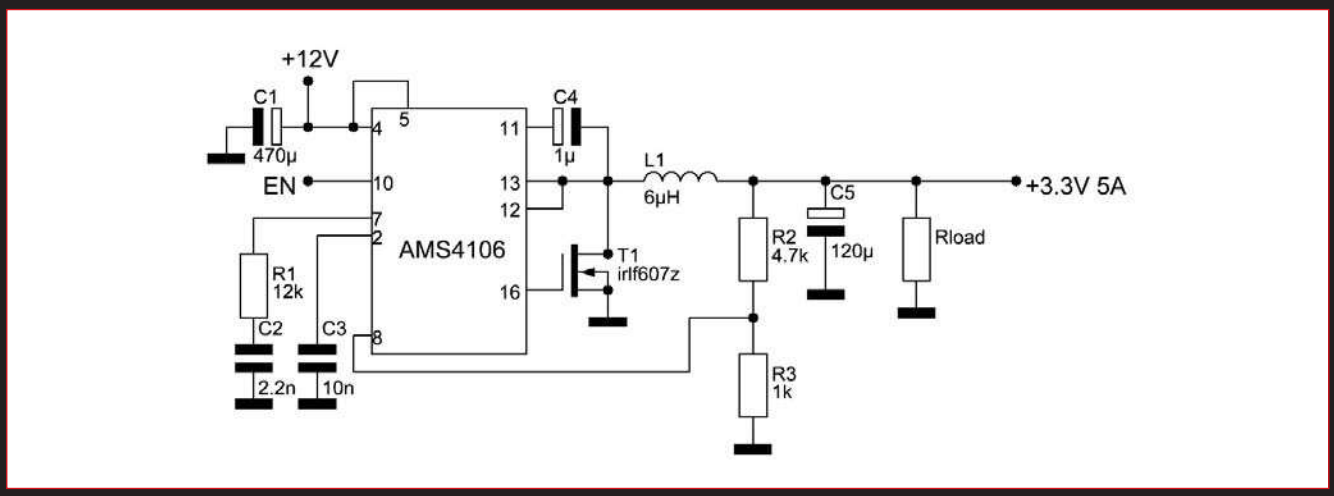
DRIVER PER LED BIANCHI

Il CAT4106 è un circuito integrato in grado di pilotare led bianchi necessari per la retro illuminazione dei display LCD, fornendo una potenza massima di 6W. La usa tensione di alimentazione può essere compresa dai 3V ai 5,5V ed è in grado di pilotare, sui quattro canali disponibili, fino a 4 LED. Il pin FAULT ha il compito di monitorare il dispositivo per evitare elevate dissipazioni di corrente, in occorrenza delle quali il circuito apre i suoi contatti interni separando l'uscita e l'ingresso.



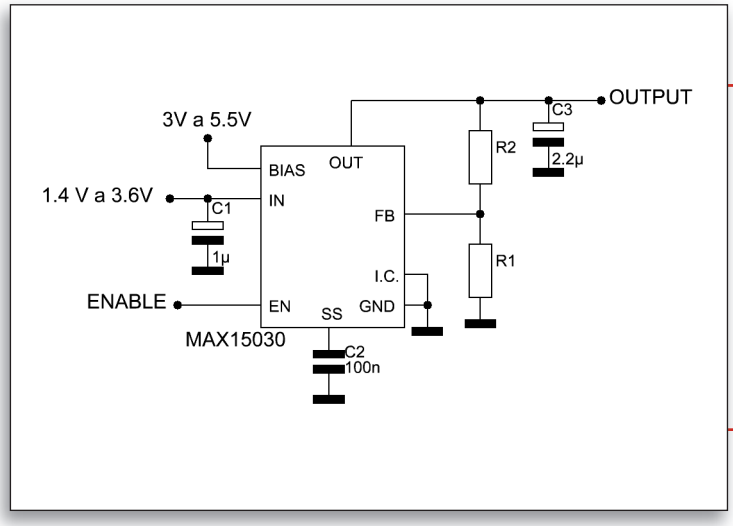
STEP-DOWN *CONVERTER*

Lo schema rappresenta un alimentatore step-down che funziona con una tensione di ingresso di 20V e fornisce in uscita una tensione più bassa ma con una corrente di 6A. Il TPS54620 fornisce una corrente cosi elevata grazie ad un FET integrato al suo interno. Questo dispositivo è ideale per applicazioni industriali o nei sistemi di telecomunicazione.



ALIMENTATORE DA 5A

Nella figura è riportato lo schema di un alimentatore step-down il quale, con una tensione di ingresso di 12V, fornisce in uscita una corrente di 5A e una tensione di 3.3V. Al suo interno la velocità di commutazione dello switching può variare mediante circuiti esterni da un valore fisso di 250KHz ad un valore di 600KHz massimi, utilizzando un segnale PWM.

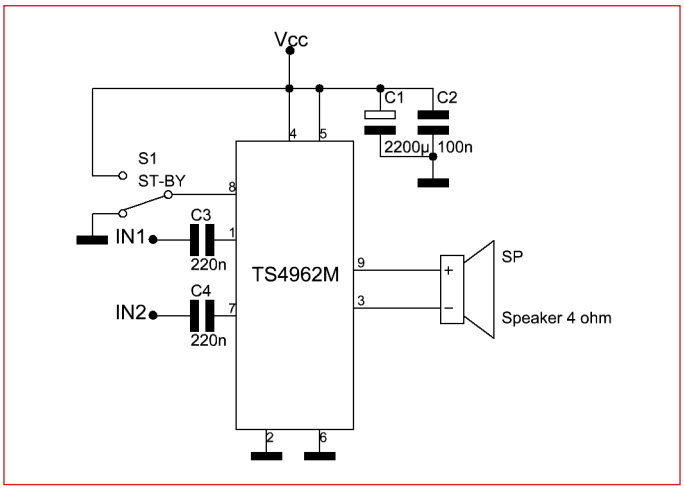


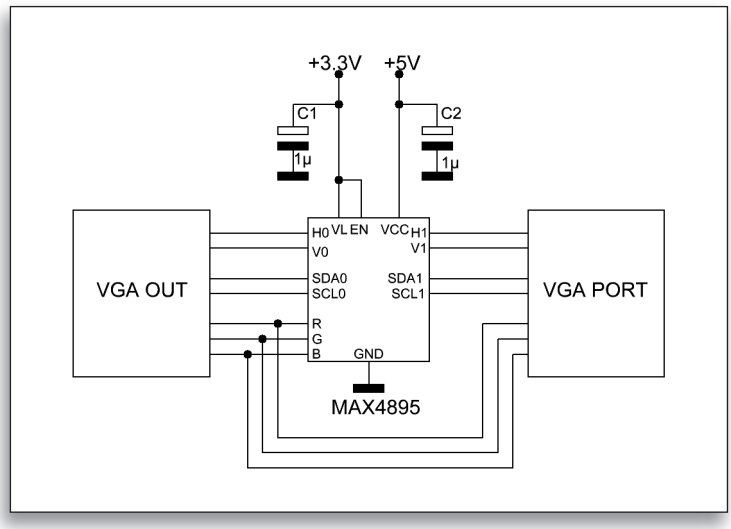
REGOLATORE DI **TENSIONE**

Questo circuito è un regolatore di tensione che accetta in ingresso una tensione compresa tra 1,4V e 3,6V e fornisce una tensione di uscita di 3,6V con una corrente massima di 500mA. L'integrato è disponibile in un contenitore di tipo DIL da 10 pin. Dispone di un pin per fornire la giusta tensione di BIAS che deve essere superiore alla tensione di alimentazione di solito 3V o 5V.

AMPLI *IN CLASSE D*

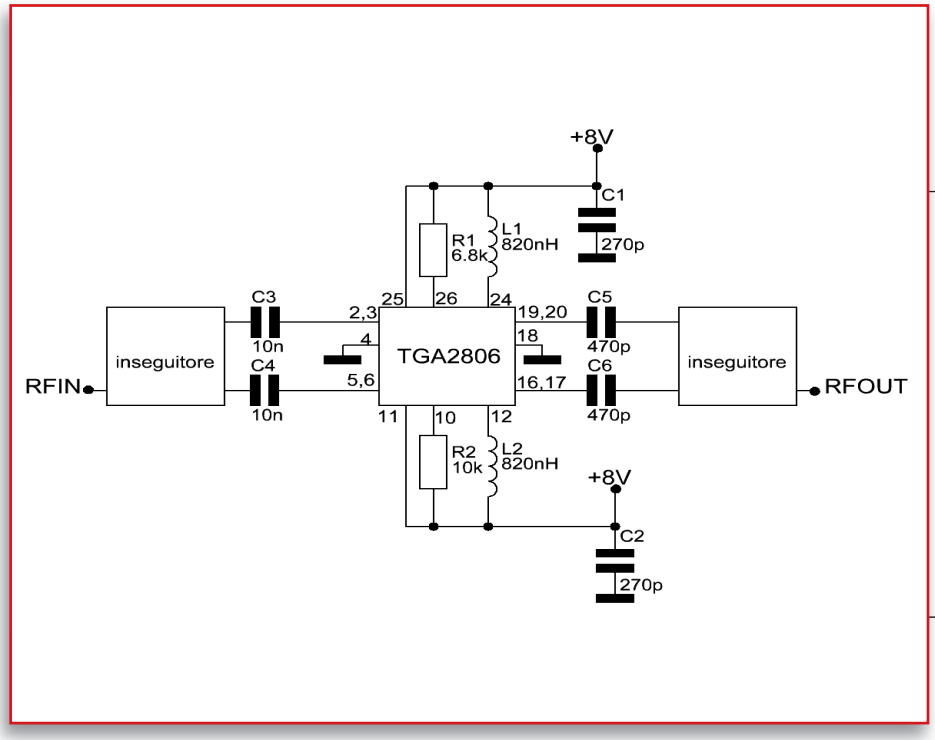
Lo schema riportato in figura è un amplificatore di classe D realizzato con un TS4962M che è in grado di fornire 2,3W di potenza con un carico di 4 ohm. La funzionalità standby rende il dispositivo inattivo facendo dissipare una corrente di 10nA. Tutto il circuito viene alimentato con una tensione di 6V.





PROTEZIONE *PER VGA*

In figura è riportato lo schema di una tipica applicazione del MAX4895 il quale è stato progettato per realizzare una protezione per le porte VGA. Tale dispositivo, grazie al pin denominato VI, fornisce una piccola amplificazione ai segnali RGB e protegge i dispositivi a valle da eventuali scariche elettriche ed elettrostatiche. Viene alimentato con una tensione di compresa dai 3,3V e i 4,5V.



AMPLIFICATORE
PER ALTE FREQUENZE

Questo amplificatore si basa su un TGA2806, un integrato prodotto dalla TriQuint Semiconductor, è un amplificatore per alte frequenze che opera in un range di frequenza da 40MHz ad un massimo di 1GHz. Viene alimentato con una tensione di 8V ed è adatto per applicazioni come CMTS o come amplificatore per CATV.

LogicStudio
Analizzatore logico USB a 16 canali
Collaudo digitale, seriale e analogico in una unica soluzione

Caratteristiche principali
- 100 MHz di banda passante
- Campionamento a 1 GS/s
- 16 canali
- Analisi di protocollo I2C, SPI e UART
- Modalità History
- Cursori di temporizzazione
- Connettibile ad un oscilloscopio
- Trigger avanzati e potenti

€ 990

Distributori regionali:
Vematron
Vematron S.r.l.
via Mons. Colombo, 34
21053 Castellanza (Va)
Tel. 0331 504064 | Fax 0331 505380
www.vematron.it | info@vematron.it

ema
E.M.A. Srl
Via del Maccabreccia 2 B–C
40012 Calderara di Reno (Bo)
Tel. 051 725441 | Fax 051 725406
www.ema.it | info@ema.it

LeCroy
www.lecroy.com/it

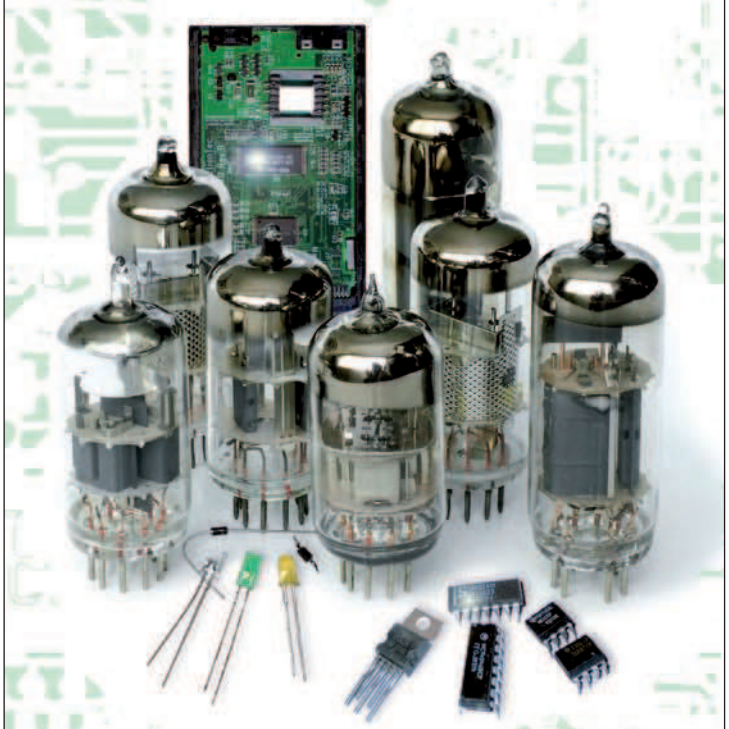
CODICE MIP 3030013

7ª FIERA REGIONALE DELL'ELETTRONICA SCANDIANO

(REGGIO EMILIA)

23/24 OTTOBRE 2010

CENTRO FIERISTICO



MERCATINO DELLE PULCI RADIOAMATORIALI

TELEFONIA - COMPONENTISTICA

COMPUTER - HI-FI CAR - RADIANTISMO

CB e OM - VIDEOREGISTRAZIONE

ORARI: Sabato 23 Ottobre 9 - 18,30

Domenica 24 Ottobre 9 - 18

INGRESSO euro 7,50 RIDOTTO euro 5

GRATUITO ragazzi fino a 12 anni

INFO: 0522/764302-857436

www.fierascandiano.it

COMUNE DI SCANDIANO

con il patrocinio di A.R.I. sez. Scandiano

MOSTRA ELETTRONICA SCANDIANO 2010

CODICE MIP 2789839

eventi

Mostra Mercato Mondo Elettronica.net

25-26 settembre 2010

Dopo il successo delle precedenti edizioni, con un'affluenza di pubblico che ha sfiorato le 13.000 presenze, ecco la 4ª edizione di "RAVENNA MONDO ELETTRONICA", Fiera dell' elettronica e informatica. Nella suggestiva cornice del PALAZZO MAURO DE ANDRE', il polo fieristico della città di Ravenna, che ospita fiere, mostre-mercato e meeting nazionali, SABATO 25 e DOMENICA 26 SETTEMBRE 2010 si svolgerà il 4° prestigioso appuntamento dedicato al mondo dell'elettronica, dell'informatica, della telefonia, del digitale, etc.

Dove: Ravenna
Quando: 25-26 settembre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Exposition service
info: www.mondoelettronica.net

16 - 17 OTTOBRE 2010

Expoelettronica Faenza

Expo Elettronica FAENZA FIERE

Da molti anni l'elettronica è entrata a far parte del nostro quotidiano, non solo in ambito professionale ma anche fra le mura di casa: dagli elettrodomestici ai giochi dei bambini, dagli antifurto alla Tv satellitare. Expo Elettronica a Faenza è uno degli appuntamenti più noti e frequentati sia per l'elettronica di consumo sia per prodotti rivolti ad un pubblico più esperto.

Dove: Faenza
Quando:16-17 ottobre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00,
Organizzazione: Blunautilus
info: www.expoelettronica.it

Codice MIP 2792598

15-16 settembre 2010

Fiera dell'Elettronica e del Radioamatore

Fiera dell'elettronica e del **RADIOAMATORE**

Fiera nazionale dedicata all'hardware, software, componentistica, telefonia ed elettronica di consumo.

Dove: Gonzaga (MN)
Quando: 15-16 settembre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Fiera Millenaria
info: www.fieramillenaria.it

Codice MIP 2789823

18-19 settembre 2010

Expoelettronica **Cesena**

Elettronica nuova, usata e da collezione; collezionismo elettronico ma non solo. Expo Elettronica è la mostra mercato dedicata all'elettronica e punto d'incontro fra "antiquariato tecnologico" e applicazioni "futuribili": una miriade di oggetti e applicazioni ormai indispensabili come computer, software, periferiche, home theater, telefonia fissa e mobile, accessori, ricambi, curiosità elettroniche e digitali.

Expo Elettronica

Dove: Cesena (FC)
Quando: 18-19 settembre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: Blunautilus
info: www.expoelettronica.it

Codice MIP 2789804

2-3 ottobre 2010

RADIANTANDSILICON

RADIANT AND SILICON L'EVOLUZIONE DELLA COMUNICAZIONE

CD, DVD, cartucce per stampanti, computer, note-book, telefonia, radiantistica, elettronica, apparati e componenti per telecomunicazioni, internet e ricetrasmissioni di terra e satellitari, antenne, editoria specializzata, una Borsa-Scambio presieduta da privati che vendono o scambiano surplus radioamatoriale, informatico, telefonico e quanto altro è attinente a questo mondo purché perentoriamente usato; ed infine il Mercatino della Radio, con una vasta gamma di apparati, valvole, pezzi di ricambio ed esperti tecnici ed amatori in grado di consigliare sugli acquisti e sulle eventuali riparazioni, sono gli ingredienti che consentono a RADIANT di porsi al vertice delle manifestazioni fieristiche di questo settore.

Dove: Novegro
Quando: 2-3 ottobre 2010
Orari: dalle 9.00 alle 18.00
Organizzazione: COMIS
info: www.parcoesposizioninovegro.it

Codice MIP 2792602

Mostra Mercato **Mondo Elettronica**.net

FIERA DELL'ELETTRONICA

INFORMATICA E RADIANTISMO

Informatica - PC - Hardware - Software - Telefonia
Digitale - Surplus - TV-SAT - Videogames
Componentistica - LCD - Hobbistica - Accessori
Materiali di consumo - Radiantismo - Dischi e CD
HI-FI - Mp3 - Mp4

4ª edizione

ORARIO 9-18,30

25-26 SETTEMBRE 2010

RAVENNA

PALA DE ANDRÈ - Viale Europa 1

PARCHEGGIO GRATUITO

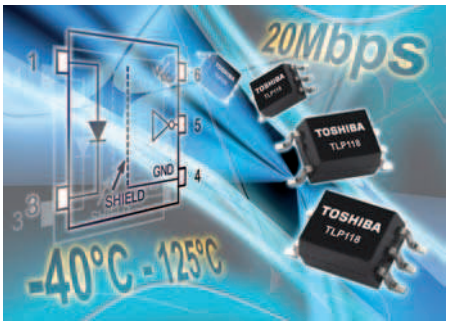
Exposition SERVICE
Cell. 348 9030832
info@expositionservice.it
Cosmohelp

www.mondoelettronica.net

PER RICEVERE IL CALENDARIO
delle nostre fiere e mostre scrivi una mail a:
info@expositionservice.it con oggetto "ELETTRONICA"

VALIDO COME INGRESSO RIDOTTO
anche in fotocopia

CODICE MIP 2779669



Fotoaccoppiatore ULTRACOMPATTO

Toshiba Electronics Europe ha annunciato un fotoaccoppiatore ultracompatto che offre velocità di trasmissione dati fino a 20 Mbps, garantisce una tensione di isolamento minima di 3750Vrms, e funziona nella gamma di temperatura estesa da -40°C a 125°C. Il dispositivo TLP118 integra un LED infrarosso in GaAlAs accoppiato otticamente con un fotorilevatore ad alta velocità e alto guadagno in un contenitore SO6 che misura appena 4,5 mm x 3,7 mm x 2,1 mm. Le applicazioni tipiche di questo nuovo dispositivo comprendono i sistemi di automazione industriali, le apparecchiature da ufficio, la strumentazione di misura e controllo e gli elettrodomestici digitali, come i display al plasma. Progettato per soddisfare i requisiti di isolamento rinforzato imposti dagli standard globali sulla sicurezza elettrica, il contenitore SO6 offre una distanza minima garantita in aria (clearance) e una distanza superficiale (creepage) di 5 mm con uno spessore minimo di isolamento interno di 0,4 mm. Il fotorilevatore ha una gabbia di Faraday interna che garantisce un'immunità ai transitori di modo comune di ±15 kV/µs. Il fotoaccoppiatore TLP118 è configurato con uno stadio d'uscita con logica invertente per usi generici (a collettore aperto) e funziona con una tensione di alimentazione compresa tra 4,5 V e 5,5 V.

Codice MIP 2792616

UNA CPU AD ELEVATE PRESTAZIONI

GE Intelligent Platforms ha annunciato oggi la disponibilità dell'integrazione più recente e potente della famiglia di CPU PACSystems RX3i. La nuova CPU 315 RX3i è stata specificamente progettata per le applicazioni di controllo a elevate prestazioni ed è ideale per un ampio ventaglio di applicazioni che richiedono grandi volumi di dati e ottimizzazione delle prestazioni. Tra le applicazioni tipiche per le quali la nuova CPU si rivela interessante figurano quelle dei settori delle acque e del trattamento delle acque reflue, dell'energia e del controllo di processo. La CPU 315 PACSystems RX3i dispone del potente processore Intel® della classe M a 1 GHz e assicura livelli senza precedenti di velocità e prestazioni. La sua efficienza consente alle applicazioni di ridurre i tempi di ciclo delle macchine e migliorarne la produttività. Oltre all'aumento delle prestazioni, la CPU 315 dispone di 20 MB di memoria utente, pari al doppio del livello precedente, ed è quindi in grado di dare risposta ai requisiti essenziali posti dai clienti in termini di velocità di elaborazione e archiviazione di grandi quantità di dati.

Codice MIP 2792622

CODICE MIP 2778982

Regolatore MONOLITICO FLYBACK

Linear Technology Corporation presenta l'LT3575, un regolatore di commutazione monolitico isolato di tipo flyback che semplifica la progettazione dei convertitori DC/DC. Per il feedback non sono necessari optoisolatori, trasformatori a tre avvolgimenti o trasformatori di segnale in quanto la tensione di uscita viene rilevata dal segnale di flyback sul lato primario del trasformatore. L'LT3575 funziona nell'intervallo di tensioni in uscita compreso tra 3 V e 40 V, dispone di uno switch di potenza da 2,5 A e fornisce fino a 14 W di potenza in uscita; grazie a queste sue caratteristiche, è compatibile con un'ampia gamma di applicazioni industriali, medicali, automotive, per le telecomunicazioni e per il trasferimento dati. L'LT3575 opera in modalità boundary (uno schema di commutazione a controllo in corrente e frequenza variabile) per una regolazione di ±5% rispetto a linea, carico e temperatura. Il funzionamento in modalità boundary consente l'uso di un trasformatore più piccolo di quello utilizzato per le progettazioni CCM (Continuous Conduction Mode).

Codice MIP 2792913

Nuovo rivelatore lineare National

Il nuovo rivelatore lineare di potenza al valore quadratico medio (RMS) in radiofrequenza (RF) di National Semiconductor (NYSE: NSM) offre i livelli di precisione più alti sul mercato con una dinamica fino a 40dB. Il dispositivo PowerWise® LMH2120 aumenta la copertura wireless ed estende la durata della batteria per i terminali mobili di terza generazione (3G) e di quarta generazione (4G). Il rivelatore lineare di potenza RF di tipo RMS consente di effettuare misure accurate sui segnali RF da amplificatori di potenza (PA) RF; queste misure in tempo reale sono necessarie per controllare la potenza trasmessa dal terminale e per evitare l'interferenza con segnali adiacenti. L'LMH2120 fornisce prestazioni stabili nell'intervallo di temperature compreso fra – 40°C e 85°C, entro il quale presenta una variazione di appena +/- 0,5dB per tutta la dinamica operativa di 40dB a 1900MHz, minimizzando quindi le necessarie bande di transizione tra segnali adiacenti. Questa caratteristica aumenta la copertura e la qualità del servizio, supportando ad esempio velocità più alte per la trasmissione dati verso il ripetitore della cella, a distanze superiori da quest'ultimo. Le prestazioni dell' LMH2120 rimangono inalterate sui diversi tipi di modulazione nei terminali multi-modali o nelle in schede dati, che fanno uso degli standard i CDMA, W-CDMA, UMTS, LTE, GSM e GPRS. Il componente fornisce risultati consistenti per i diversi tipi di modulazione entro i 0,3 dB, eliminando cosi' le ampie look-up-table richieste per ottenere l'accuratezza necessaria. L' LMH2120 include anche un pin di shut-down, riducendo il consumo di potenza fra una misura e l'altra, e contribuendo ad estendere la durata della batteria del terminale. Il rivelatore lineare di potenza RF di tipo RMS LMH2120 funzione con una singola alimentazione compresa fra 2,7V e 5V e fornisce una tensione in uscita proporzionale alla potenza RF in ingresso espressa in dBm. Questo minimizza la necessità di effettuare ulteriori calibrazioni e riduce i requisiti di risoluzione per il convertitore analogico/digitale del sistema. I progettisti di terminali possono connettere l'LMH2120 all'uscita del PA con un accoppiatore direzionale o con una terminazione resistiva. L' LMH2120 richiede una corrente di alimentazione di 2,9mA e include una modalità di spegnimento a basso consumo che riduce il consumo di corrente fino a 3.8 uA. Il componente supporta le frequenze da 50 MHz fino a 6 GHz, con un intervallo di rivelazione della potenza RF compreso fra -35 dBm e 5 dBm. L' LMH2120 si aggiunge al rivelatore di potenza RF di tipo RMS LMH2110, rilasciato di recente L' LMH2110, che supporta frequenze da 50 MHz a 8 GHz, ed un intervallo di rivelazione di potenza RF compreso fra -40 dBm e 5 dBm. Disponibile ora, l'LMH2120 è fornito in un package microSMD a 6 sfere con dimensioni di 0,82 mm x 1,22 mm, e ha un prezzo di 2,40 dollari in quantità da 1000 unità.

Codice MIP 2792618

fare elettronica

SERVIZIO MIP

MORE INFO PLEASE!

IL SERVIZIO UTILIZZABILE PER RICHIEDERE MAGGIORI INFORMAZIONI SUI CONTENUTI DI FARE ELETTRONICA

ONLINE:

www.farelettronica.com/mip

VIA FAX: 02 66508225

NUMERO DELLA RIVISTA 303

INSERISCI I CODICI MIP PER I QUALI DESIDERI RICEVERE INFORMAZIONI. UTILIZZA IL NUMERO MIP CHE COMPARE ALLA FINE DI OGNI ARTICOLO O ALL'INTERNO DELLE PAGINE DI TUO INTERESSE.

DATI DEL LETTORE

Nome Cognome

Azienda Indirizzo Azienda

Città Cap Prov. Nazione

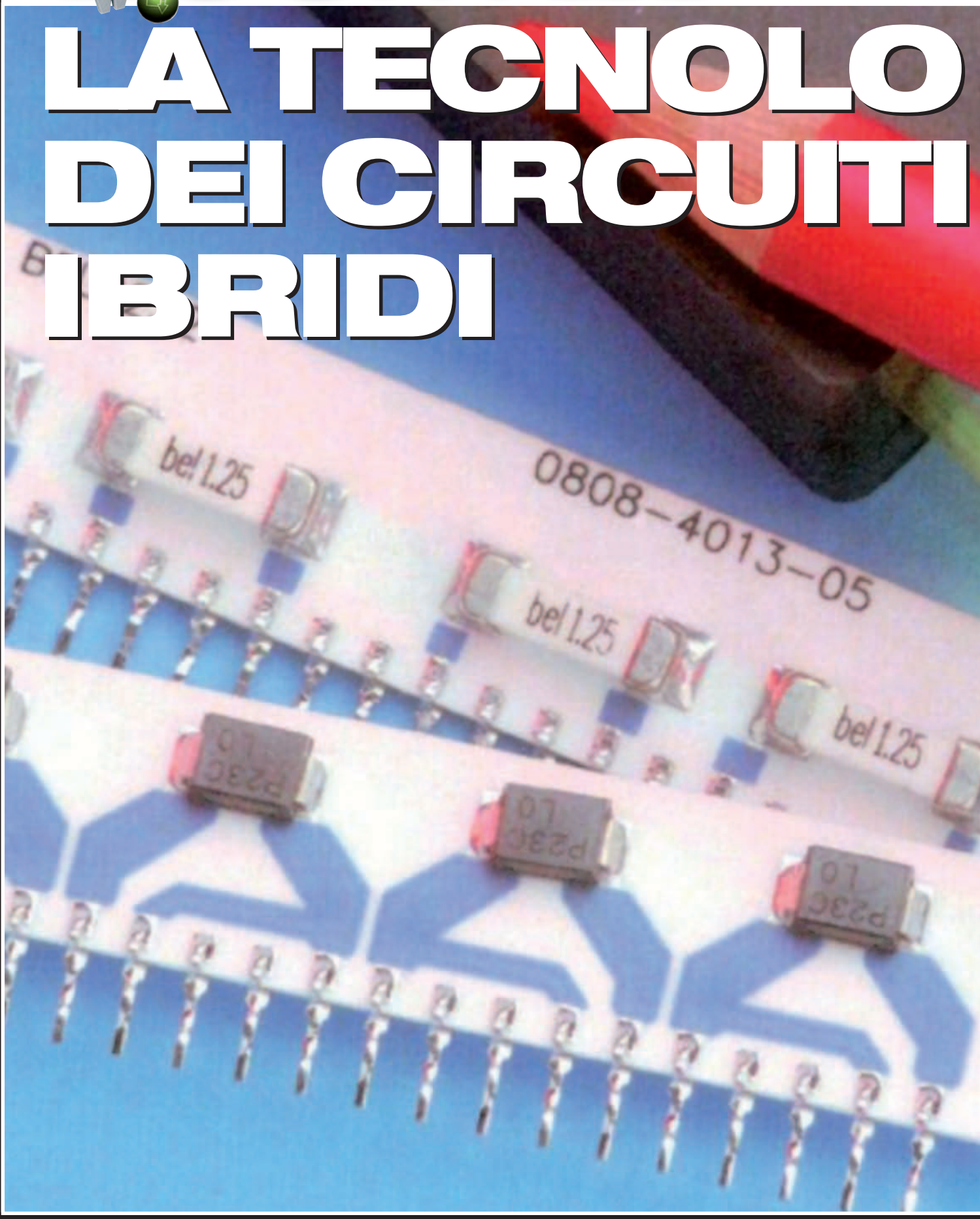
Tel. Fax

e-mail

Privacy. Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o trmite email a info@inwaredizioni.it

di ANTONIO GIANNICO

LA TECNOLO DEI CIRCUITI IBRIDI

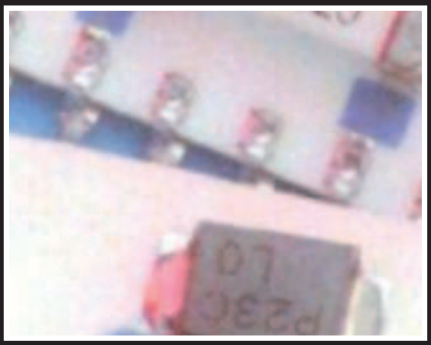


La tecnologia dei circuiti ibridi si è sviluppata parallelamente a quella dei circuiti integrati. Mentre questi ultimi integrano tutti i componenti su un unico substrato semiconduttore, un circuito ibrido combina l'integrazione diretta di alcuni componenti passivi sul substrato ceramico con il montaggio successivo, solitamente di tipo superficiale, di componenti discreti. Vediamo in dettaglio di cosa si tratta e come tale tecnologia si colloca nel vasto campo delle tecnologie elettroniche.

Spesso siamo portati a suddividere i circuiti elettronici, da un punto di vista tecnologico-realizzativo, in circuiti stampati a componenti discreti e circuiti integrati monolitici. In realtà esiste una terza tecnologia costruttiva altrettanto importante che si colloca, per molti aspetti, a metà tra le due: si tratta della tecnologia dei circuiti ibridi. In un circuito ibrido infatti, mentre alcuni componenti (tipicamente piste, resistori, condensatori di piccola capacità e induttori) vengono integrati direttamente sul substrato ceramico, secondo una politica tipica dei circuiti integrati monolitici, altri (in particolar modo i componenti attivi) vengono introdotti dall'esterno e montati in seguito come componenti discreti: da ciò deriva il termine "ibrido". Trattandosi di una tecnologia per certi versi a metà tra quella a componenti discreti e quella integrata monolitica eredita alcune caratteristiche tecniche e vantaggi applicativi sia dall'una che dall'altra. Rispetto agli integrati monolitici consente minori costi e tempi di produzione e maggiore capacità di dissipare potenza termica; rispetto ai circuiti stampati consente invece maggiore affidabilità e dimensioni più ridotte.
In questo articolo approfondiremo molte delle caratteristiche distintive di questa tecnologia. Le differenze da una parte e le similitudini dall'altra rispetto alla tecnologia dei circuiti stampati a componenti discreti e rispetto a quella dei circuiti integrati monolitici saranno evidenziate e motivate. L'esposizione che segue sarà pertanto finalizzata ad un confronto non solo tra circuiti ibridi a film spesso e a film sottile ma anche tra circuiti stampati, ibridi ed integrati monolitici. Questo consentirà al lettore di comprendere in maniera più chiara ed efficace la collocazione di questa tecnologia all'interno del vasto campo delle tecnologie elettroniche.

I CIRCUITI IBRIDI

Come la tecnologia dei circuiti integrati anche quella dei circuiti ibridi nasce inizialmente dalla necessità di miniaturizzare i circuiti. Occorre subito sottolineare, tuttavia, che mentre i circuiti integrati monolitici integrano tutti i componenti su un unico substrato semiconduttore, un circuito ibrido combina l'integrazione diretta di una serie di componenti passivi sul substrato con il montaggio successivo, e solitamente di tipo superficiale, di componenti discreti apportati dall'esterno (quindi non integrati con il substrato) di dimensioni tipicamente molto contenute. In realtà, le motivazioni che portano alla realizzazione di questo genere di circuiti sono diverse e piuttosto articolate. Nella realizzazione di molti circuiti, soprattutto di tipo custom, per esempio, può risultare antieconomico impiegare la tecnologia integrata monolitica mentre può risultare piuttosto agevole ed economico impiegare la tecnologia ibrida ottenendo circuiti compatti, di elevata affidabilità e con ottime caratteristiche termiche. L'origine di questa tecnologia non è in realtà recentissima e infatti risale agli anni '50, quando i costruttori di condensatori ceramici svilupparono sia il processo di metallizzazione degli elettrodi con sistemi serigrafici, sia quello basato su forni a temperatura controllata e ad atmosfera di gas, con cui era possibile ottenere la deposizione delle superfici metalliche. Nei circuiti cosiddetti *ibridi a film sottile*, infatti, si ottiene l'integrazione dei componenti passivi mediante deposizione sul substrato, attraverso evaporazione sotto vuoto, di materiali conduttori o resistivi.
Le piste ed i collegamenti sono ottenuti invece attraverso maschere che proteggono determinate zone dalla deposizione impiegando tecniche additive o sottrattive che consentono di eliminare i materiali depositati da determinate aree del substarto dopo che questo è stato completamente ricoperto.
L'apparizione dei circuiti ibridi è stata, in ogni caso, conseguente allo sviluppo ed alla messa a punto di tecniche di metallizzazione delle superfici ceramiche tipicamente impiegate come substrato. Pur senza entrare immediatamente nei dettagli tecnologici è opportuno dare subito un'idea precisa di come sia possibile realizzare un circuito ibrido. In **figura 1** sono schematizzati, in modo semplificato, i passi di realizzazione di un semplice circuito ibrido a film spesso.
Ovviamente, si parte dal circuito elettrico da realizzare (A), quindi si realizza il substrato più i conduttori di connessione (B), si integrano i resistori (C) ed infine si passa al montaggio dei componenti discreti come condensatori (D) e componenti attivi e si seguono



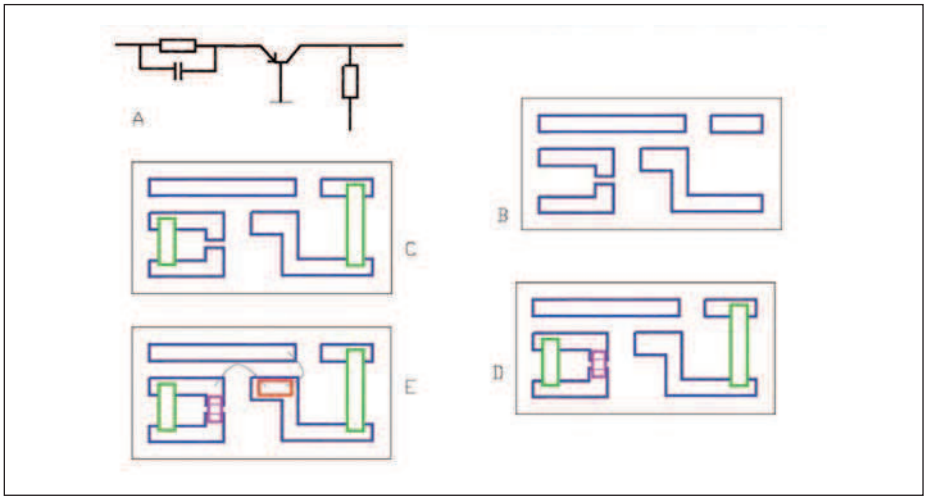


Figura 1: Fasi della realizzazione di un semplice circuito a film spesso: A) circuito elettrico; B) Substrato con piste conduttrici; C) Integrazione delle resistenze; D) montaggio di un condensatore discreto; E) montaggio del transistor e collegamenti a filo.

gli eventuali collegamenti a filo (D). La caratteristica fondamentale del circuito è quindi quella di avere piste e resistori (ed in alcuni casi condensatori e induttori) direttamente integrati sul substrato e componenti discreti (soprattutto attivi ma anche passivi) introdotti successivamente dall'esterno e saldati o connessi a filo e quindi in ogni caso non integrati sul substrato (**figura 3**). La prima cosa che è stato necessario individuare nello sviluppo di questa tecnologia è, ovviamente, il tipo di materiali da impiegare per la realizzazione del substrato. Questo aspetto è di notevole importanza in quanto presenta ripercussioni determinanti sulle caratteristiche e sui campi applicativi dei circuiti realizzati con questa tecnologia. I materiali di substrato sono generalmente materiali ceramici, soprattutto ossido di berillio, titanato di bario ed ossido di alluminio.

L'ossido di berillio possiede, infatti, elevata costante dielettrica e quindi appare ottimo (impiegato tra due rivestimenti di materiale conduttore) per realizzare condensatori, tuttavia è l'ossido di alluminio quello maggiormente impiegato come substrato poiché possiede sia la capacità di dissipare facilmente il calore che una elevata costante dielettrica. In ogni caso, la scelta del materiale di substrato è la diretta conseguenza della rispondenza alle caratteristiche riportate in **tabella 1**.

L'ossido di alluminio è un materiale che possiede tutte le caratteristiche riportate in **tabella 1**.

Tabella 1-Principali caratteristiche richieste al substrato di un circuito ibrido

CARATTERISTICHE MECCANICHE	facilità di taglio
	resistenza agli sforzi
	stabilità dimensionale
	uniformità dello spessore
	uniformità della finitura superficiale (rugosità)
CARATTERISTICHE TERMICHE	buona conducibilità termica
	basso coefficiente di dilatazione lineare
CARATTERISTICHE CHIMICHE	inerzia chimica alle alte temperature
	buona aderenza dei film da depositare
CARATTERISTICHE ELETTRICHE	ottime caratteristiche isolanti
	elevata resistività
	elevata costante dielettrica
	basso fattore di perdita
	uniformità e anisotropia della costante dielettrica

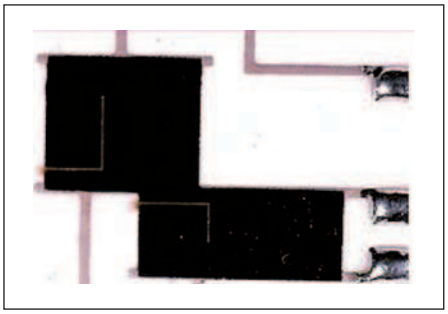


Figura 2: Due resistenze integrate sul substrato in cui si osservano chiaramente le linee di regolazione del valore ohmico.

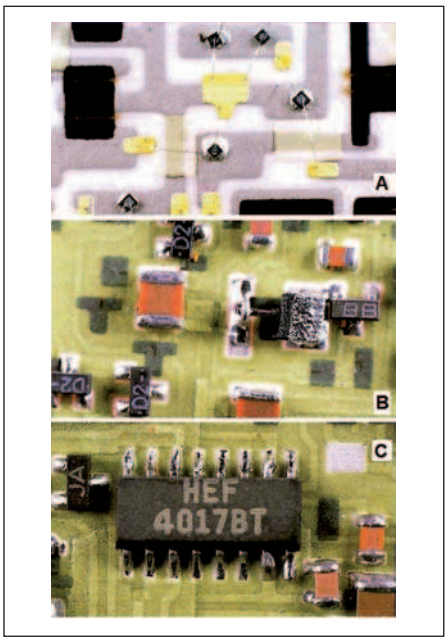


Figura 3: A) Dettaglio di un condensatore integrato con il substrato (due rivestimenti conduttori e dielettrico interposto); B) dettaglio di alcuni componenti discreti introdotti dall'esterno; C) Anche circuiti integrati incapsulati possono essere montati sul circuito ibrido.

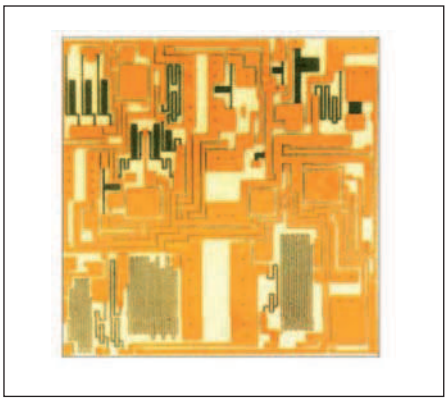


Figura 4: Esempio di circuito ibrido a film sottile. Non sono ancora stati montati i componenti discreti attivi come diodi e transistor e passivi come i condensatori. I conduttori sono in rame rivestito in oro. Si notano i resistori e le induttanze (aree più scure).

CIRCUITI IBRIDI A FILM SPESSO E A FILM SOTTILE

La tecnologia dei circuiti ibridi si differenzia in due tipi: "*a film spesso*" e "*a film sottile*". Le due tecnologie sono simili per il modo in cui è concepita la struttura del prodotto finale ma nettamente differenti per il modo in cui questo è ottenuto. Ne conseguono differenze tutt'altro che trascurabili sia in termini di prestazioni che di conseguenza applicative. La tecnica a film spesso impiega metodi *serigrafici e termici*. Dopo il passaggio in forno, le resistenze, depositate precedentemente mediante procedimento serigrafico, presentano valori di tolleranza intorno al 30% in meno rispetto ai valori nominali. Per questo motivo si effettuano operazioni dette *di regolazione* che consistono nell'effettuare un taglio, generalmente ad L o longitudinale, del rivestimento resistivo (**figura 2**) mediante un laser oppure mediante l'impiego di mezzi abrasivi. Il metodo abrasivo consiste nel sottoporre la superficie del resistore ad uno spruzzo di aria contenente piccolissime particelle di sabbia che determinano il tracciamento della linea di incisione. Il valore resistivo del resistore viene costantemente misurato e monitorato ed il processo continua fino a che non si ottiene il valore ohmico desiderato. Il metodo impiegante il laser, di più recente introduzione, invece, prevede l'evaporazione controllata, lungo una certa linea di taglio, di una sottile striscia del resistore e comporta, come è facile intuire, lo stesso risultato ma con maggiore precisione e velocità di esecuzione. Una volta completato, il circuito può essere incapsulato in capsule ceramiche, metalliche oppure plastiche, ottenute , in quest'ultimo caso, per immersione in resine liquide e successiva essiccazione. Lo spessore delle piste conduttive e resistive, nel caso della tecnologia a film spesso, è di circa 15μm.

Ciò fa comprendere anche il perché dei termini "sottile" e "spesso" dato che in un circuito a film sottile i resistori depositati, per esempio, presentano un film di spessore intorno ad 1,5μm. La progettazione di questo genere di circuiti è ovviamente più complessa di quella dei circuiti stampati e necessita di un accurato calcolo delle geometrie dei conduttori e dei resistori, delle linee di taglio per la taratura, del layout dei componenti da aggiungere, oltre ad una adeguata simulazione e analisi termica. La distinzione tra circuiti a film spesso e circuiti a film sottile porta in maniera naturale anche ad individuare applicazioni differenti (film spesso per circuiti di potenza, film sottile per circuiti ad alte ed altissime frequenze). Nei successivi paragrafi approfondiremo alcuni aspetti tecnologici sia dei circuiti ibridi a film spesso che di quelli a film sottile.

CIRCUITI IBRIDI A FILM SPESSO

La tecnologia dei circuiti ibridi a film spesso appariva motivata già negli anni '60 e '70 dall'esigenza di miniaturizzare sofisticati dispositivi elettronici soprattutto bel campo delle telecomunicazioni ma non solo. Alta affidabilità, alta densità, rigorose specifiche di peso e ingombro, rendono infatti la pellicola spessa a più strati su tecnologia di ceramica una soluzione estremamente redditizia in molti campi applicativi. Un circuito ibrido a film spesso è realizzato per deposizione di resistenze, conduttori e dielettrici, sotto forma di inchiostri, su un substrato in materiale ceramico (spessore generalmente pari a 0,635 mm). Si tratta di tecniche additive tipicamente di natura serigrafica. Gli inchiostri sono composti da miscele di metalli nobili che dopo essere stati applicati vengono sottoposti a procedimenti termici controllati di essiccazione (temperature utilizzate comprese tipicamente tra 600ºC e 850ºC). Grazie a questi procedimenti si integrano, direttamente sul substrato, elementi passivi cioè resistori, capacità, induttanze, piste conduttive, piazzole. I metalli conduttivi utilizzati sono soprattutto argento, oro, palladio, platino, combinati sotto forma di miscele e leghe. Il circuito viene completato con il montaggio di altri elementi passivi, questa volta discreti, applicati tramite saldatura e soprattutto attivi non integrabili direttamente sul substrato. Possono essere realizzati più piani di interconnessione con fori passanti metallizzati e non. I componenti discreti che possono essere montati sono dei più disparati, ma soprattutto del tipo SMD microincapsulati e die di silicio.

Normalmente sono piazzati con sistemi automatizzati *pick&place* e fissati tramite saldatura reflow. La taratura laser consente di ottenere tolleranze strettissime

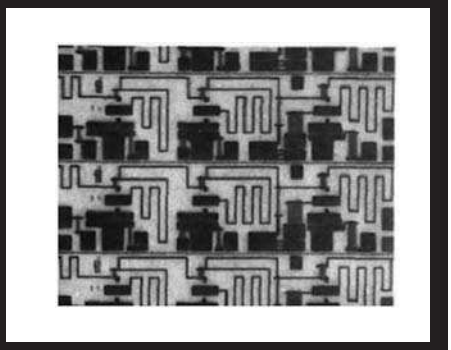


Figura 5: Dettaglio di un'area di un circuito ibrido a film sottile.

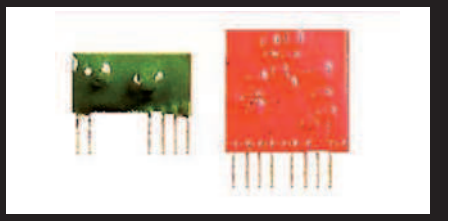


Figura 6: I circuiti ibridi possono essere incapsulati in diverso modo, anche in resine opportunamente essiccate [3].

dei componenti passivi che assumono in questo modo caratteristiche estremamente ripetibili. Le paste utilizzate sono a base di vetro e metalli nobili. Per prime vengono stampate le piste conduttrici, quindi la piastrina è messa in forno e le piste essiccate, quindi si passa alla stampa delle resistenze e si ripassa la piastrina in forno. Per ottenere valori di resistenza differenti è possibile sfruttare non solo parametri geometrici ma anche paste con diversa resistività. Per questo motivo può accadere che si stampino prima le resistenze il cui valore ohmico è compreso in un certo range, poi si sottoponga la piastrina ad essiccazione, dopo di che si impieghi una diversa pasta, con diversa resistività, per realizzare resistenze appartenenti ad un altro range ohmico e successivamente si ripassi in forno la stessa piastrina.
Le piste resistive e quelle conduttrici hanno solitamente uno spessore di circa 15 micron ed una larghezza di almeno 250 micron. Assegnati valori ohmici possono essere ottenuti dimezzando contemporaneamente lunghezza e larghezza del resistore ma non al di sotto di determinati valori dato che è necessario tenere in debito conto la dissipazione di calore che i componenti devono garantire. Come si è già avuto modo di accennare, ogni resistenza viene successivamente tarata mediante tecniche di regolazione laser che ovviamente possono soltanto produrre un aumento del valore ohmico. La tecnologia realizzativa consente l'incrocio di piste conduttrici. Sul primo strato conduttore si stampa uno strato isolante sul quale viene a sua volta stampato un secondo strato conduttore. Se gli incroci hanno superfici abbastanza elevate si realizzano così dei piccoli condensatori. Le piastrine ceramiche hanno generalmente dimensioni di circa 50x50 mm e possono ospitare più circuiti ibridi che verranno successivamente separati mediante taglio laser dopo la realizzazione di resistenze e conduttori ed il montaggio dei dispositivi discreti, che avviene in maniera automatica, grazie all'impiego di macchine computerizzate. Prima di questa fase vengono, generalmente, effettuati test che consentono di individuare le aree occupate da circuiti difettosi e di contrassegnarle. In questo modo si evita di eseguire il montaggio di componenti discreti in aree contenenti circuiti difettosi. Uno dei vantaggi della tecnologia ibrida a film spesso rispetto a quella a film sottile, di cui parleremo successivamente, è quella di ridurre sensibilmente i costi delle apparecchiature necessarie alla produzione del film: i circuiti realizzati risultano più economici anche se di maggiori dimensioni. In conclusione, in applicazioni in cui è richiesta una minore precisione realizzativa, la tecnologia del film spesso è più conveniente rispetto a quella a film sottile. Del resto, la maggior area occupata non rappresenta necessariamente una caratteristica negativa in quanto favorisce la dissipazione termica necessaria soprattutto nelle applicazioni di potenza. Il substrato, costituito da ceramica a base di allumina, di vetro o di ossido di berillio, necessita di un grado di finitura meno critico rispetto alle realizzazioni a film sottile poiché questo influisce, in questo caso, solo sull'aderenza delle paste al substrato.
Paste a base di oro, platino/oro o palladio/argento e simili sono impiegate, più precisamente, per la realizzazione delle piste conduttrici (dimensioni minime 50-100 μm) a seconda di vincoli quali saldabilità dei componenti attivi e costo. I resistori, diversamente, sono realizzati con paste contenenti miscele di ossidi e metalli nobili. La taratura, effettuata asportando parti del film resistivo con tecniche laser, è fatta con grande precisione (tolleranza dello 0,1%). Gli isolanti sono invece realizzati con paste a base di ossidi vari per realizzare incroci (cross-over) fra piste conduttrici e dielettrici per dare origine a condensatori integrati. Conden-

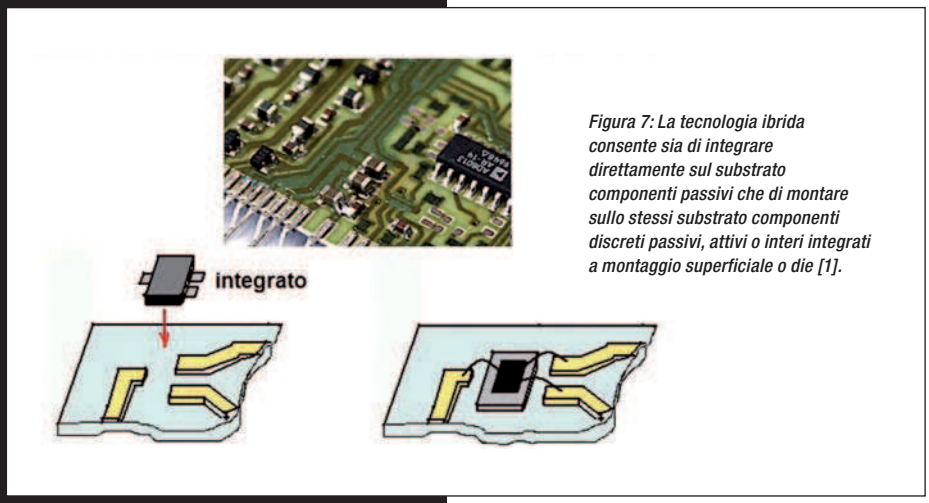


Figura 7: La tecnologia ibrida consente sia di integrare direttamente sul substrato componenti passivi che di montare sullo stessi substrato componenti discreti passivi, attivi o interi integrati a montaggio superficiale o die [1].

elettroshop.com
brilliant online electronics since 1998

Utente anonimo... Login...
Il tuo carrello è vuoto

nuovo layout!

Home Page | Chi siamo | Listino/Info | Ordina | Download | Contatti | FAQ

CATEGORIE PRODOTTI

- Convertitori Serial-Ethernet
- Convertitori di Protocollo
- ZigBee
- Bluetooth
- 433 e 868 MHz
- Modem GSM/GPRS
- Interfacce USB e PCI
- CPU e moduli
- Componentistica varia
- Visualizzazione
- Sistemi di sviluppo HW/SW
- Programmatori
- CAE - CAD
- Strumentazione
- CD-ROM e pubblicazioni

RICERCA PRODOTTI
Vai
Ricerca avanzata

NEWSLETTER

Iscriviti alla nostra Newsletter (potrai sempre cancellarti in seguito)

Nome
Email
Conferma

LS100

Convertitore da seriale RS232 a Ethernet 10Base-T. Serial data transfer fino a 115Kbps. Configurazione mediante Telnet o porta seriale. Software di gestione e amministrazione. **Versione con case metallico.**

€ 95,00 Info

LS100B

Convertitore da seriale RS232 a Ethernet 10Base-T. Serial data transfer fino a 115Kbps. Configurazione mediante Telnet o porta seriale. Software di gestione e amministrazione. **Versione open frame.**

€ 66,00 Info

PS110W

Wireless device server per collegare dispostivi seriali RS-232 a reti wireless con standard 802.11b/g. Incorpora funzionalità avanzate come il WPA2 per la sicurezza wireless, crittografia SSL. Ideale per remotizzare in modo sicuro le porte seriali su reti wireless-LAN.

€ 245,00 Info

PS110

Convertitore da RS232/422/485 a TCP/IP adatti ad applicazioni avanzate, con elevata gestione della sicurezza e di logging degli errori. **Versione a una porta configurabile.**

€ 139,00 Info

PS410

Convertitore da RS232/422/485 a TCP/IP adatto ad applicazioni avanzate, con elevata gestione della sicurezza e di logging degli errori. **Versione a quattro porte configurabili.**

€ 379,00 Info

PS810

Convertitore da RS232/422/485 a TCP/IP adatti ad applicazioni avanzate, con elevata gestione della sicurezza e di logging degli errori. **Versione a otto porte configurabili.**

€ 549,00 Info

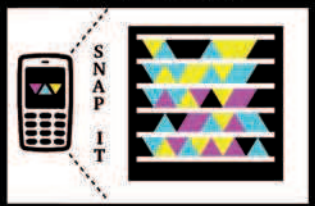
I prezzi si intendono IVA esclusa

CODICE MIP 2791232

convertitori seriale/ethernet SENA

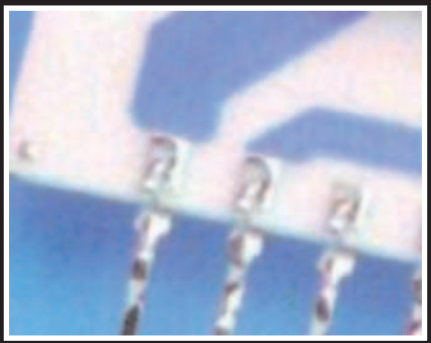
www.elettroshop.com

BUONO SCONTO DEL 10%!



Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi

CODICE MIP 2793129



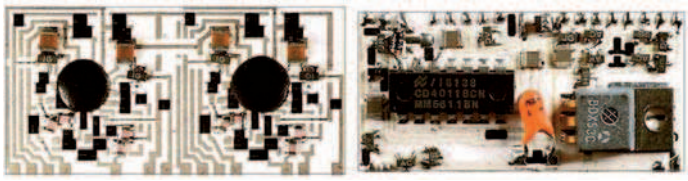


Figura 8: Dettaglio di alcuni circuiti ibridi a film spesso di piccola complessità [3].

satori di questo tipo risultano, tuttavia, di modesta qualità ed affidabilità: per questo motivo spesso si preferisce saldare, su apposite piazzole, condensatori ceramici multistrato. La sequenza di operazioni tecnologiche necessarie alla fabbricazione di circuiti ibridi a film spesso può essere in conclusione così sintetizzata:

a-stampa, sul substrato ceramico, delle interconnessioni elettriche di primo livello e delle piazzole di saldatura dei componenti attivi e dei condensatori;
b-essiccazione e ricottura della pasta conduttiva;
c-stampa degli strati isolanti;
d-essiccazione e ricottura della pasta isolante;
e-stampa delle interconnessioni elettriche di secondo livello;
f-essiccazione e ricottura della pasta conduttiva;
g-stampa dei resistori;
h-essiccazione e ricottura della pasta resistiva;
i-taratura dei resistori;
l-saldatura, nelle piazzole apposite, dei componenti attivi (chips monolitici) e dei condensatori discreti;
m-separazione dei singoli circuiti, da montare in appositi contenitori ceramici, plastici o metallici.
Le paste serigrafiche per film spessi conduttori, resistivi e isolanti sono formate con:
a-polveri di metalli preziosi o loro ossidi;
b-vetri speciali in polvere;
c-leganti organici;
d-diluenti costituiti da una miscele di solventi;
Normalmente i processi termici che seguono la deposizione sul substrato, prevedono:
a-un riscaldamento a 100-150 °C per eliminare i solventi;
b-un riscaldamento a 500-1000 °C, durante il quale si ha la decomposizione totale del legante organico e un aumento dell'aderenza sulla ceramica (substrato).
La precisione sul valore di resistenza è compresa tra il 15 ed 30% se non si usano tecniche di regolazione e raggiunge lo 0,1% con la regolazione.
In **tabella 2** sono riassunte brevemente le principali caratteristiche della tecnologia ibrida a film spesso.

CIRCUITI IBRIDI A FILM SOTTILE

I circuiti ibridi a film sottile (**figura 4** e **figura 5**) sono analoghi, come concezione, a quelli a film spesso ma differiscono per il processo realizzativo. La piastrina di un circuito ibrido a film sottile presenta tipicamente spessore di 0,635 mm e dimensioni fino a poco più di 100x100mm. I film sottili comprendono: film conduttori, isolanti e resistivi. Sull'intera piastrina di substrato, in allumina (Al_2O_3) o vetro, viene depositato, per nebulizzazione o per evaporazione sotto vuoto, uno strato di nichel-cromo a sua volta rivestito da una lacca fotosensibile ed esposta a luce attraverso una maschera. Dopo l'esposizione, la lacca, modificata dall'azione della luce, viene eliminata dalle zone che successivamente dovranno accogliere i conduttori. Sulle zone liberate dalla lacca viene infatti depositato rame o oro, argento o palladio mediante processi galvanici realizzando i collegamenti conduttori; mediante fotolitografia ed appositi solventi si elimina il metallo in eccesso dalle zone indesiderate. A questo punto, un nuovo strato di lacca fotosensibile viene depositata e si procede ad una nuova esposizione attraverso maschera. La lacca rimane nelle zone che dovranno essere occupate dalle resistenze mentre dalla restante parte della superficie viene eliminata at-

traverso solventi. La lacca rimasta e lo strato di oro o di rame depositato precedentemente proteggono lo strato di nichel-cromo sottostante.
A questo punto il nichel-cromo delle aree non protette da lacca, oro o rame viene corroso. Restano quindi le connessioni conduttrici e le resistenze. Infatti, le aree di nichel-cromo che restano al disotto del rame o dell'oro non hanno importanza da un punto di vista elettrico, data la maggiore conducibilità dell'oro o del rame appunto, mentre nelle altre zone fanno effettivamente da resistenze. Il vantaggio di usare connessioni in oro nei circuiti a film sottile sta soprattutto nel fatto che esse facilitano il collegamento ai pin di chip nudi mediante sottili fili d'oro.
Lo spessore dello strato resistivo è uniforme su tutta la superficie del circuito e non è possibile depositare materiali resistivi differenti da zona a zona del substrato, come invece avviene nei circuiti ibridi a film spesso. Il range dei valori ohmici delle resistenze integrabili sul circuito ibrido a film sottile sarà quindi meno ampio, tipicamente compreso tra 20 ohm ed 1Mohm. Resistenze discrete di valori superiori possono essere inserite dall'esterno. Il processo realizzativo dei circuiti a film sottile, essendo di tipo fotolitografico, consente larghezza delle piste inferiori (anche 50 micron) rispetto a quelle dei circuiti a film spesso in cui, diversamente, si impiegano tecniche serigrafiche. La tecnica per la realizzazione di circuiti a film sottile e sempre la stessa e ciò che differenzia un circuito dall'altro sono semplicemente i disegni delle maschere. La rifinitura della superficie è un parametro importante per i substrati di ibridi a film sottili.
Tale superficie, lappata e lucidata, influisce infatti sul potere risolutivo della fotolitografia e sulla qualità de film depositato su di essa. Anche se più raramente, possono essere usati, come supporto, anche substrati di vetro lucidato o di ossido di berillio (BeO, ottimo isolante elettrico e ottimo conduttore termico particolarmente adatto per applicazioni di potenza). Il processo di realizzazione di un circuito ibrido a film sottile può essere riassunto nei seguenti punti:

1-definizione dello schema e delle specifiche elettriche e prestazionali;
2-definizione del disegno delle resistenze, condensatori, ecc;
3-selezione dei materiali (per il substrato, film, ecc.);
4-selezione del contenitore (in relazione alle dimensioni del circuito);
5-preparazione delle maschere;
6-preparazione del substrato;
7-deposizione del film, in base a tecniche sotto vuoto (evaporazione, sputtering, deposizione di metallo e ossidazione, polimerizzazione, ecc.), deposizione chimica (ossidazione termica o anodica), processi termici (a bassa temperatura, T<450 °C e pirolisi a T> 600 °C);
8-realizzazione dei percorsi voluti in film sottile con tecnica additiva (si deposita il film nelle zone volute mediante maschere) e con tecnica sottrattiva (la superficie del substrato é completamente coperta del film che viene successivamente inciso);
9-regolazione dei valori dei componenti (abrasione, laser);
10-taglio del substrato in circuiti elementari;
11-montaggio dei componenti attivi;
12-test elettrici e visivi;
13-incapsulamento;
14-test finale (in funzione delle condizioni climatiche, schock, vibrazioni, ecc.).
I conduttori con cui si realizzano le interconnessioni sono di solito costituiti da Ni/Cr e Au o da Ti/Pd e Au realizzate, ad esempio, per evaporazione. Il Ni/Cr o il Ti/Pd (spessore poche centinaia di Å) garantisce adesione al substrato del film conduttore di oro (spesso alcune migliaia di Å) attraverso cui fluisce preferenzialmente la corrente elettrica. I resistori sono di solito realizzati come sottile strato di Ni/Cr o in nitruro o ossinitruro di tantalio (Ta_2N e $Ta_xN_yO_z$ rispettivamente). Gli isolanti, impiegati come dielettrici di condensatori, passivanti e per realizzare zone di attraversamento (o di incrocio) fra conduttori, sono invece monossido di silicio (SiO), ossido di alluminio (Al_2O_3) depositati per sputtering o ossido di tantalio per via elettrolitica. Per regolare il valore di una capacità può essere conferita alle armature una forma incrociata: l'accoppiamento di uno o più incroci permette di variare la capacità della matrice. Le induttanze sono invece gli elementi più difficili da depositare nella tecnologia a film sottile.

CONFRONTO TRA CIRCUITI IBRIDI A FILM SPESSO E CIRCUITI IBRIDI A FILM SOTTILE

Appare ovvio che una volta fatta una scelta tecnologica per la realizzazione di un circuito in favore della realizzazione ibrida è necessario stabilire se impiegare la tecnologia a film spesso oppure a film sottile. È quindi opportuno fare un confronto diretto tra le due (**tabella 3**). Nei circuiti a film spesso è possibile ottenere, mediante l'impiego di diverse paste resistive, valori di resistenze anche molti diversi tra loro. Le resistenze di circuiti ibridi a film sottile tuttavia presentano dispersione dei valori più contenute e stabilità molto superiore. Di conseguenza, se l'esigenza di stabilità e di bassa dispersione dei valori è irrinunciabile è necessario puntare su ibridi a film sottile, sebbene in questi casi sia possibile realizzare resistenze che possono variare in un range più stretto. Sia per la realizzazione di circuiti ibridi a film spesso che a film sottile è possibile utilizzare substrati dello stesso spessore, tuttavia mentre il substrato dei circuiti ibridi a film spesso presenta generalmente superficie più ruvida, caratteristica che garantisce una migliore adesione delle paste depositate con la serigrafia, quelli a film sottile presentano substrato più liscio in quanto devono garantire strati sottili e riproducibili di metallo. In **tabella 3** è riportato un confronto diretto e riassuntivo delle due tecnologie. Il procedimento di stampa (ibridi a film spesso) utilizza, una maschera o matrice realizzata sopra un retino a maglie fitte e regolari teso su di una cornice. La preparazione della matrice consiste nella occlusione delle maglie della rete in corrispondenza delle zone da non stampare. Le zone aperte definiscono in tal modo la geometria da riprodurre. La stampa avviene ponendo la matrice quasi a contatto con il substrato isolante e pressando le speciali paste conduttive, resistive o dielettriche. Le stesse paste attraversano le maglie aperte e si depositano sotto forma di strato uniforme sul substrato. La tecnica serigrafia, grazie alla sua semplicità, risulta economica ma di limitato potere risolutivo, a differenza della fotolitografia convenzionale che consente una risoluzione migliore di almeno un ordine di grandezza. La differenza sta soprattutto nel fatto che mentre nei circuiti a film sottile i componenti passivi sono realizzati mediante deposizione sotto vuoto per eva-

Figura 9: Più circuiti ibridi sono realizzati su una piastrina ceramica comune. Successivamente grazie all'impiego di laser i singoli circuiti vengono separati per essere eventualmente incapsulati [2].

Tabella 2-Cartteristiche tipiche di un circuito ibrido a film spesso [2]

CARATTERISTICHE E COMPONENTI TIPICI	IU. M.	VALORE
Materiale		
Allumina	%	Al203 96%
Conducibilità termica	W/m°C	21
Espansione termica	10-6/°C	7,1
Rigidità dielettrica	KV/mm	24
Costante dielettrica K ad 1 MHz		9,5
Substrato		
Dimensioni	mm	101,6 x 114,3
Spessore	mm	0,63 -:- 1,00
Diametro fori	mm	0,3 tipico
Dissipazione	W/cm^2	0,5
Conduttori		
Resistività	mOhm/quadro	AgPd 25 AuPt 60
	mOhm/quadro	Au 8 AgPt 4
	mOhm/quadro	Ag 2
Larghezza e spaziatura		
	mm	tipico 0,30
	mm	minimo 0,10
Resistori		
Valori	Ohm	$0,1$ -:- $1000x10^3$
Tolleranza	Assoluta	min 0,5%
	Rapporto resistori	min 0,25%
Coefficiente termico	ppm/°C -55/+125°C	+/- 50 tipico
Coefficiente termico rapporto	ppm/°C -55/+125°C	+/- 25 tipico, inchiostri differenti
Dissipazione	W/mm^2	0,30
Campo elettrico applicabile	V/mm	100 -:- 400
Invecchiamento	1000 h, 125°C	1% tipico
Termistori		
Valori	Ohm	10 -:- 10 x 103
Coefficiente termico	ppm/°C PTC	+1000 +/- 10%
	ppm/°C PTC	-2500 +/- 10%
Condensatori		
Valori	pF/mm^2, sp=50 µm	3 -:- 100
Tensione nominale	V	50
Tensione di rottura	V / 50 µm	2800
Deviazione dal valore nominale	%	+/- 20%

porazione o sputtering, nei i circuiti a film spesso si usano paste diluite in opportuni solventi utilizzati per controllarne la viscosità.

CARATTERISTICHE COMPETITIVE DEI CIRCUITI IBRIDI

Un circuito ibrido, rispetto allo stesso circuito realizzato a componenti discreti, presenta mediamente affidabilità superiore. Infatti, molti punti di saldatura sono eliminati, grazie agli elementi passivi depositati direttamente sul substrato, cosa che consente di aumentare la robustezza e l'affidabilità del circuito. La miniaturizzazione è sua volta una caratteristica importante a favore della tecnologia ibrida. Le dimensioni dei circuiti PCB con fori passanti o in tecnologia SMD, possono infatti essere ridotte mediamente del 50-65%, utilizzando la tecnologia ibrida. Il film spesso su substrato ceramico, caratterizzato da ottima conducibilità termica, rende possibile maggiore densità circuitale, da cui l'ottima adattabilità alla realizzazione di circuiti di potenza. Non è da sottovalutare, inoltre, la caratteristica dei substrati in materiale ceramico di presentare tensione di breakdown molto più elevate rispetto a quelle dei circuiti stampati, cosa che rende i circuiti ibridi idea-

Tabella 3-Confronto tra tecnologia ibrida a film spesso e a film sottile

	FILM SPESSO	FILM SOTTILE
Materiale/Tecnologia	Ceramica (tipicamente Al_2O_3)	Ceramica (tipicamente Al_2O_3)
Purezza della ceramica	96%	99,6%
Dimensioni tipiche della piastra base (prima del taglio dei singoli ibridi)	50mmx50mmx0,63mm	115x95x0,63
Materiali per i conduttori	Paste vetro/metallo nobile Oro, rame, argento (spessore tipico 15um)	Ni-Au oppure Au-Cu Spessore <15um
Materiale per i resistori	Paste vetro/cristallo nobile; spessore tipico 15um	Ni-Cr Spessore tipico: 0,02um
Sistema di taglio	laser	laser
Fissaggio dei componenti e chip nudi	Saldatura "reflaw" è bonding	Saldatura "reflaw" è bonding
Terminali	Preferibilmente SIL (single in line)	SIL oppure DIL (Dual in Line)
Incapsulamento	Rivestimenti resinosi e in plastica	Rivestimenti resinosi e in plastica

li per applicazioni che richiedono alte tensioni. Anche se meno evidente, un circuito ibrido presenta inoltre il vantaggio di facilitare la segretezza industriale (**figura 6**) in quanto mette maggiormente al riparo da possibili copie (si pensi all'incapsulamento in resine). Più in generale, è possibile affermare che la tecnologia dei circuiti ibridi, trovandosi a metà strada tra quella dei circuiti stampati e quella dei circuiti integrati monolitici (**figura 7**), costituisce, in molti casi, un buon compromesso tra affidabilità, robustezza, compattezza, buon comportamento termico e costi. Alla luce di tutto questo è interessanti formulare la seguente domanda: in conclusione, quando è opportuno impiegare un circuito ibrido? Trovare una risposta sintetica ed esaustiva non è in realtà semplice. Motivi di preferenza potrebbero essere l'area contenuta, le caratteristiche di dissipazione termica del substrato, la stabilità e la robustezza meccanica, tuttavia è necessario sempre considerare qual è il campo applicativo di riferimento per comprendere in che misura queste potenzialità siano più o meno irrinunciabili. Alcuni esempi di campi applicativi in cui sfruttare proprietà di questo tipo sono, per esempio, i sistemi di bordo per aerei ed applicazioni spaziali o militari ma non solo.

Del resto non sempre è opportuno realizzare in forma integrata monolitica un circuito per diversi motivi, come l'impossibilità di realizzare elevate capacità o le difficoltà che si ottengono nell'impiego ad alte frequenze o alte tensioni o la scarsa economicità della realizzazione. La realizzazione di un circuito in forma integrata monolitica rimane infatti generalmente confinata alla realizzazione di circuiti che devono essere prodotti su larghissima scala. La tecnologia ibrida del resto, come quella dei PCB convenzionali, consente di combinare insieme funzioni diverse come analogiche, digitali, bipolari, unipolari e così via, garantendo maggiore flessibilità funzionale e circuitale. La stessa cosa è impossibile in forma integrata monolitica e può risultare eccessivamente dispendiosa in termini di superficie occupata nella tecnologia standard a circuito stampato. Ci sono poi altri aspetti che possono, di volta in volta, dettare una scelta realizzativa piuttosto che l'altra. Se per esempio la particolare applicazione che si intende realizzare prevede l'impiego di resistori con tolleranze estremamente contenute, per esempio da impiegare in ponti di misura o circuiti di precisione, allora la tecnologia ibrida, grazie alla regolazione laser dei valori ohmici, può rivelarsi estremamente utile. Cose analoghe possono

Appuntamento con l'automotive. Appuntamento con il futuro.

L'elettronica fa girare il mondo, soprattutto quando si parla di efficienza energetica ed e-Mobility. Vi aspettiamo a electronica **automotive,** l'appuntamento internazionale più importante per il mondo dell'elettronica per l'industria automobilistica con electronica automotive **conference** e automotive **Forum.**

In contemporanea con hybridica, salone per la produzione di componenti ibridi. www.hybridica.de

Rappresentanza per l'Italia: MONACOFIERE, Tel. 02 36537854, info@monacofiere.com

electronica 2010 automotive

www.electronica.de/automotive
24° Salone Internazionale, 9–12 novembre 2010

get the whole picture

CODICE MIP 2790783

Tabella 4-Confronto tra le principali caratteristiche dei circuiti integrati monolitici e dei circuiti ibridi

CIRCUITI	MONOLITICI	IBRIDI
Substrato	Semiconduttore	Isolante
Componenti attivi	Integrati	Aggiunti dall'esterno dopo la realizzazione delle piste, delle resistenze (e in alcuni casi induttori e condensatori)
vantaggi	Compattezza ed affidabilità, adeguati alla produzione su larga scala	Impiego alle microonde, ottimo isolamento tra i componenti, potenze, correnti e tensioni più elevate.
Svantaggi	Economica solo per produzioni su larga scala, potenze, correnti e tensioni limitate, isolamento limitato tra i componenti, componenti passivi di difficile integrazione	Minore compattezza, necessità di aggiungere dall'esterno i componenti attivi ed alcuni componenti passivi

essere dette se si necessita di quantitativi prodotti abbastanza elevati ma non così elevati tanto da giustificare l'integrazione monolitica. A favore della realizzazione ibrida sono da vedere anche la necessità di una certa insensibilità a variazioni di temperatura, necessità di resistenza meccanica, per esempio nei confronti delle vibrazioni oppure necessità di livelli di isolamento piuttosto sostenute, necessità di contenere spazio e peso.

CONFRONTO TRA CIRCUITI STAMPATI, CIRCUITI IBRIDI E CIRCUITI INTEGRATI MONOLITICI

I maggiori vantaggi, derivanti dall'utilizzo di circuiti ibridi per applicazioni di potenza sono:

1-possibilità di variare lo spessore del film in modo da combinare sullo stesso substrato piste di segnale, più sottili e dense, e piste di potenza di maggior spessore;
2-i "die" di silicio possono essere montati direttamente sul film migliorandone la dissipazione termica;
3-è possibile utilizzare tutte le tecniche d'interconnessione usate in microelettronica (bonding);
4-è' possibile realizzare interconnessioni tramite fori passanti (circuiti a doppia faccia);
5-sono garantite affidabilità e durata, caratteristiche molto apprezzare soprattutto in applicazioni militari, automotive e aerospaziali, il tutto con una notevole flessibilità di realizzazione e progettazione;
6-un substrato come l'allumina è economico, dotato di elevata conduttività termica, eccellente isolamento elettrico, robustezza meccanica e basso coefficiente di espansione termica;

A differenza di un integrato, in cui il die è direttamente collegato ai pin del package, in un ibrido, i componenti sono posizionati su una sottile piastrina di ceramica, con i collegamenti elettrici realizzati tramite "piste" metallizzate, che fanno apparire il tutto ad una prima sommaria osservazione come un minuscolo circuito stampato. In alcuni casi il circuito è costituito da pochi componenti ed appare simile ad un francobollo, da un lato del quale escono un certo numero di pin, destinati alla saldatura sul circuito stampato.
Circuiti ibridi multistrato per radio frequenza e controlli industriali, chip-on-board (COB), montaggio automatico di componenti SMD per supportare le richieste tecnologiche più avanzate del mercato sono tutti aspetti tecnologici che sinergicamente possono di volta in volta concorrere a realizzare circuiti ad elevate prestazioni e di elevata affidabilità. Oggi è possibile realizzare diverse tipologie di questi circuiti per le più svariate applicazioni: ibridi Single In Line (SIL), Dual In Line (DIL), a doppia faccia con o senza fori metallizzati, per applicazioni a radiofrequenza, nella sensoristica o applicazioni di potenza, con componenti Die o in tecnologia mista. La possibilità di realizzare circuiti ibridi multistrato e la possibilità di integrare protezione e incapsulamento degli stessi rende questa tecnologia estremamente flessibile da tutti i punti di vista. L'integrazione ibrida rende tecnologicamente più flessibile la realizzazione del progetto rispetto a quello di un circuito integrato in quanto non soffre di vincoli di compatibilità stringenti tra i diversi componenti attivi. I componenti attivi sono infatti aggiunti successivamente. Queste caratteristi-

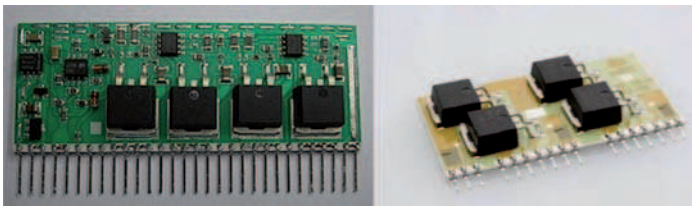


Figura 10: Circuiti di potenza in tecnologia ibrida a film spesso (si noti l'assenza di dissipatori di calore) [2].

Tabella 5-Confronto tra le principali caratteristiche dei circuiti stampati, dei circuiti integrati monolitici e dei circuiti ibridi a film sottile e a film spesso

CARATTERISTICHE	CIRCUITO STAMPATO	IBRIDO A FILM SPESSO	IBRIDO A FILM SOTTILE	INTEGRATO MONOLITICO
Tecnologia realizzativa	Incisione Spessore dei film di rame ~35um	Stampa Spessore film 10-25umper via serigrafica	Deposizione sotto vuoto ed incisione Spessore del film 0,02-10um per deposizione sotto vuoto	Processi planari
Supporto	Supporto ramato	Materiali ceramici	Materiali ceramici e vetro	Silicio
Componenti realizzabili	Piste conduttrici	Conduttori e componenti passivi	Conduttori e componenti passivi	Connessioni, componenti attivie resistori
Componenti non realizzabili	induttori	induttori	induttori	induttori e condensatori
Componenti da aggiungere o aggiungibili dall'esterno	Tutti	Componenti attivi e passivi	Componenti attivi e passivi	Nessuno
Superficie	1-15 dm^2	1-20 cm^2	1-20 cm^2	1-10 mm^2
Densità di integrazione di per dm^2	10	80	100	$>10^6$/chip

che rendono l'integrazione ibrida spesso vantaggiosa rispetto a quella monolitica soprattutto nella realizzazione di circuiti di tipo analogico, specie per le alte frequenze. La possibilità di montare sui C.I. ibridi componenti attivi nudi (cioé non incapsulati) è un ulteriore elemento di flessibilità. In **tabella 4** si riporta un breve confronto tra le caratteristiche di un circuito ibrido e quelle di un circuito integrato monolitico. In **tabella 5** è invece riportato un confronto sintetico tra le principali caratteristiche dei circuiti stampati, dei circuiti integrati monolitici e dei circuiti ibridi a film sottile e a film spesso.

CAMPI APPLICATIVI

L'elevata versatilità della tecnologia a film spesso offre vantaggi tecnici ed anche economici in diversi campi applicativi. Nel campo delle Telecomunicazioni consente di raggiungere frequenze di lavoro elevate, in campo automotive garantisce altissima stabilità alle temperature estreme (es. iniezione elettronica, accensione elettronica, etc.), in campo aerospaziale e militare garantisce affidabilità peso ridotto, resistenza agli urti ed alle sollecitazioni meccaniche e per svariati motivi è utilizzabile in diverse applicazioni consumer, informatiche, sensoristiche, biomedicali di domotica e sicurezza, RF e di potenza (**figura 10**, **figura 11** e **figura 12**);

COMPONENTI ATTIVI E PASSIVI

Abbiamo sottolineato come nei circuiti ibridi a film sottile vengano integrate solo piste e resistenze mentre il resto viene aggiunto "da fuori". Nei circuiti a film spesso si possono integrare anche piccole capacità mentre in circuiti a film sottile si possono integrare anche piccole induttanze in forma di spirale piatta; il resto dei componenti va montata in un secondo tempo. Componenti attivi e passivi di dimensioni estremamente contenute come in contenitori SOT-23 o SOT-89, circuiti integrati in miniatura in package SO che si prestano a montaggio automatico ed in alcuni casi anche a montaggio manuale sono utilizzati allo scopo. Questa tecnologia prevede tuttavia anche la possibilità di impiegare cristalli nudi le cui connessioni sono realizzate sotto forma di fili d'oro che vanno dai punti di connessione del cristallo a quelli del circuito ibrido, analogamente a quanto accade quando gli stessi cristalli sono montati nei package classici (**figura 7**). Il montaggio dei componenti discreti avviene in maniera automatica attraverso macchine computerizzate che prevedono l'impiego di leghe saldanti adesive e disossidanti che in forno danno origine alla saldatura. Generalmente più circuiti ibridi vengono realizzati sullo stesso substrato, in aree adiacenti (**figura 9**), questi vengono successivamente separati mediante l'azione di un raggio laser. A questo punto lungo la periferia di ciascuna delle piastrine vengono realizzati i piedini per i collegamenti esterni. Si possono in questo modo realizzare sia connessioni esterne mediante due file di piedini (Dual in line) che mediante una sola linea di piedini (Single in line) (**figura 11**).

CONCLUSIONI

Il termine ibrido deriva dalla botanica e significa in qualche nodo "incrociato". Il termine in elettronica è stato scelto in quanto la tecnica dei circuiti ibridi rappresenta una concezione tecnologica a metà tra quella dell'integrazione monolitica e quella dei circuiti a componenti discreti. Ecco allora che piste, resistenze, piccoli condensatori ed induttanze vengono integrati direttamente sul substrato e su questo vengono successivamente montati componenti attivi, condensatori di maggiore capacità e bobine. I vantaggi che si ottengono sono:

-realizzazione di circuiti di dimensioni inferiori rispetto a quelle dei circuiti stampati anche se non così piccoli quanto i circuiti integrati monolitici;
-affidabilità anche perchè la complessità non può essere eccessiva in virtù so-

PER *approfondire...*

[1] http://it.wikipedia.org/wiki/Ibrido_(elettronica);
[2] http://www.telecontrolli.com (Circuiti ibridi custom);
[3] I circuiti Ibridi (Scuola di elettronica, Teoria, Tecnica, Pratica - Enciclopedia Peruzzo Editore);
[4] Componenti attivi e passivi per circuiti ibridi-Ing. Prelz/Cadovic (Selezione Radio TV HiFi Elettronica-Maggio 1982)
[5] Circuiti integrati ibridi- Ing. Prelz/Cadovic (Selezione Radio TV HiFi Elettronica-Maggio 1982)

prattutto del numero di collegamenti relativamente ridotto che è possibile integrare;
-elevata riproducibilità (bassa dispersione dei valori caratteristici);
-minori costi e tempi di sviluppo rispetto a quelli che caratterizzano i circuiti integrati;
-resistenza agli urti ed alle vibrazioni;
-ottime caratteristiche termiche.
In ultima analisi i circuiti ibridi colmano il gap che esiste tecnologicamente tra circuiti a componenti discreti e quelli integrati monolitici. Dai primi ereditano flessibilità di impiego e potenza, dai secondi le ridotte dimensioni.
L'impiego di strumenti CAD/CAM consente ai disegnatori di creare master fotografici custom in base alle specifiche di progetto per la realizzazione dei telai serigrafici mediante all'impiego di fotoplotter ad altissima definizione mentre i processi serigrafici sono eseguiti con macchine automatiche in ambienti controllati. L'automatizzazione dei processi produttivi consente di monitorare costantemente i parametri di produzione, in particolare lo spessore delle paste stampate ed i profili termici. La taratura laser di resistori, capacità e induttanze, è in ogni caso l'elemento chiave nella tecnologia in film spesso.
Il taglio dei substrati, anch'esso automatizzato, mediante macchine che impiegano solitamente laser a CO_2, il montaggio di dispositivi discreti esterni generalmente di tipo superficiale, di dispositivi microincapsulati, contenuti generalmente su ruota a nastro o in tubi stick, la possibilità di assemblaggio Double-side, realizzazioni di piedinature SIL (Single In Line) o DIL (Dual In Line), con passi convenzionali o custom (**figura 11**) rendono la tecnologia estremamente versatile. A ciò si aggiunge la possibilità di finiture come protezione vetrosa, resinata (bagno epossidico, siliconico, poliuretanico) o inscatolata (contenitori plastici, metallici, ceramici). Per questi motivi e grazie soprattutto alla sua enorme flessibilità questa tecnologia, sul mercato ormai da diversi decenni, resta sempre estremamente attuale e adatta all'impiego in quasi tutti i settori dell'elettronica. ❑

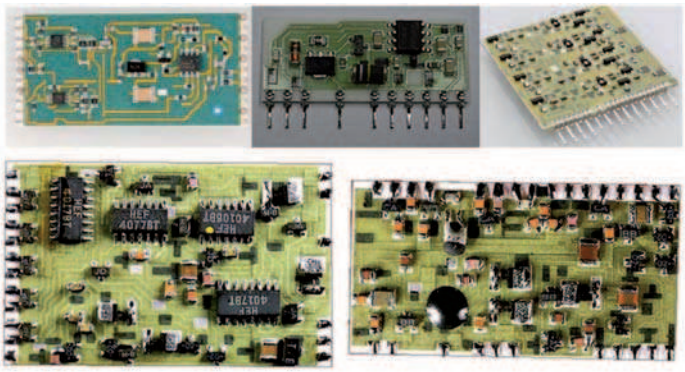


Figura 11: Circuiti ibridi con disposizione delle metallizzazioni per file di pad DIL (Dual in line) e SIL (Single in line) [2], [3].

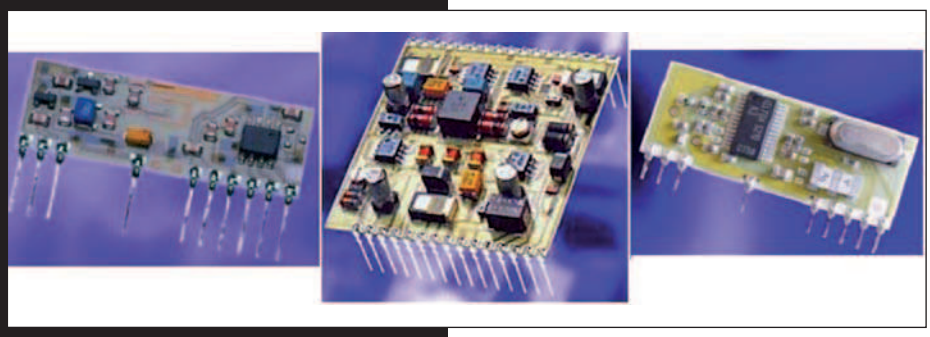


Figura 12: Esempi di circuiti ibridi a radiofrequenza [2].

CODICE MIP 2772534

Con il patrocinio del
Ministero dello Sviluppo Economico

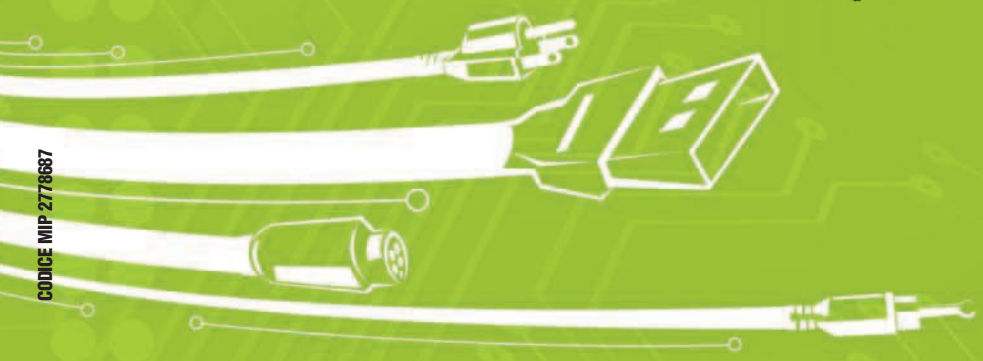
Expo Elettronica

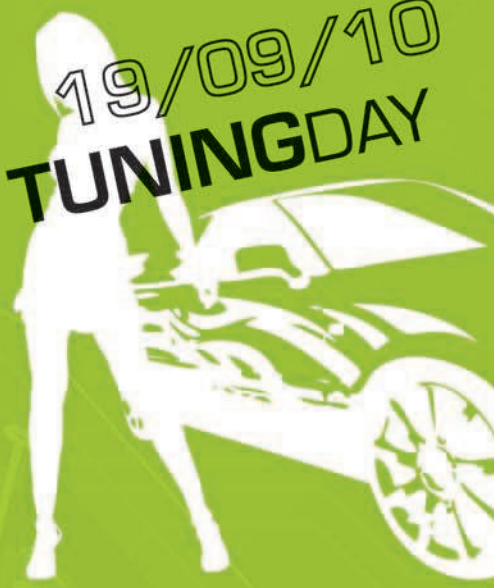
CESENA FIERA

Via Dismano, 3845 - Pievesestina di Cesena (FC)

18-19 settembre 2010

ore 9/18





MOSTRA MERCATO
informatica, elettronica, materiali di consumo, telefonia, dvd & games, hobbistica, ricezione satellitare

MERCATINO DELL'USATO
PARCHEGGIO GRATUITO

VALE COME RIDOTTO

in collaborazione con

vieni a conoscere LINUX

organizzazione
BLU Nautilus tel. 0541 439573
WWW.EXPOELETTRONICA.IT

Scarica l'applicazione da:
http://gettag.mobi

CODICE MIP 2778687

rif. Fare Elettronica

di DANIELE CAPPA

Luce LAMPEGGIANTE AD ALTA LUMINOSITÀ

Utilizzabile come fanalino per bicicletta, o qualsiasi altro segnalatore che debba essere alimentato a pile mantenendo una buona autonomia.

Il problema, quando parliamo di alimentazione a pile è mantenere una autonomia decente, ovvero far si che il nostro segnalatore sia in grado di funzionare per molte ore, anche con tensioni di alimentazione piuttosto basse. Per questo motivo si è scelto di impiegare esclusivamente componenti discreti, in queste condizioni il funzionamento è assicurato anche con meno di due volt di alimentazione.
La attuale disponibilità di led ad altissima luminosità rende realizzabili oggetti dal consumo irrisorio anche senza ricorrere a componenti strani. Esistono ovviamente chip dedicati a questo scopo, ma la nostra idea va verso una realizzazione casalinga impiegando quanto offrono i cassettini del laboratorio di casa.

I PARAMETRI

Prima di iniziare è necessaria una premessa, da alcuni anni sono in commercio led ad alta luminosità, di vari colori, anche bianchi.Per le nostre necessità è necessario un led rosso, ad alta luminosità, in contenitore trasparente. Il colore rosso non è dettato solo dal fatto che il suo utilizzo prevede questo colore, ma anche dalla tensione di alimentazione del componente. Il colore rosso comporta una tensione di alimentazione di circa 1,8 V, contro i 2,2V di un esemplare verde e i quasi 5V di elementi blu o bianchi. La tensione di rottura della giunzione è per tutti di circa 5V, o poco più. con l'esclusione di esemplari gialli che si fermano a 4V.
Un altro elemento da considerare è l'illuminazione equivalente, si tratta di un dato che potrebbe trarre in inganno… Un esempio pratico, è evidente che i fari della nostra autovettura sono in grado di far luce fino a dove è generalmente necessario, ovvero 100 – 150 metri dall'auto, fin qui nulla di strano, così come è evidente che gli stessi fari sono perfettamente visibili da un osservatore che si potrebbe tranquillamente trovare a molti chilometri di distanza. Questo è il parametro a cui si riferiscono i costruttori di led… non la distanza che è illuminata dal fascio di luce emessa. Tra i dati di targa da prendere in considerazione c'è dunque la potenza di emissione luminosa, espressa in mcd. Il led, rispetto ad altre fonte di luce ha anche altri vantaggi che oggettivamente ne aumentano molto la visibilità di lontano, l'emissione avviene da un punto molto piccolo e che risulta quindi molto più luminoso, poi la lente anteriore si occupa di concentrare la luce messa entro l'angolo previsto, e fornito con gli altri dati nel datasheet del componente. L'angolo di apertura del fascio di luce di un led già in nostro possesso può essere determinato per via geometrica: poniamo il led (acceso) al buio a 57 cm da un muro, misuriamo ora il diametro del cerchio che forma sul muro il fascio della luce emessa dal led. Il dia-

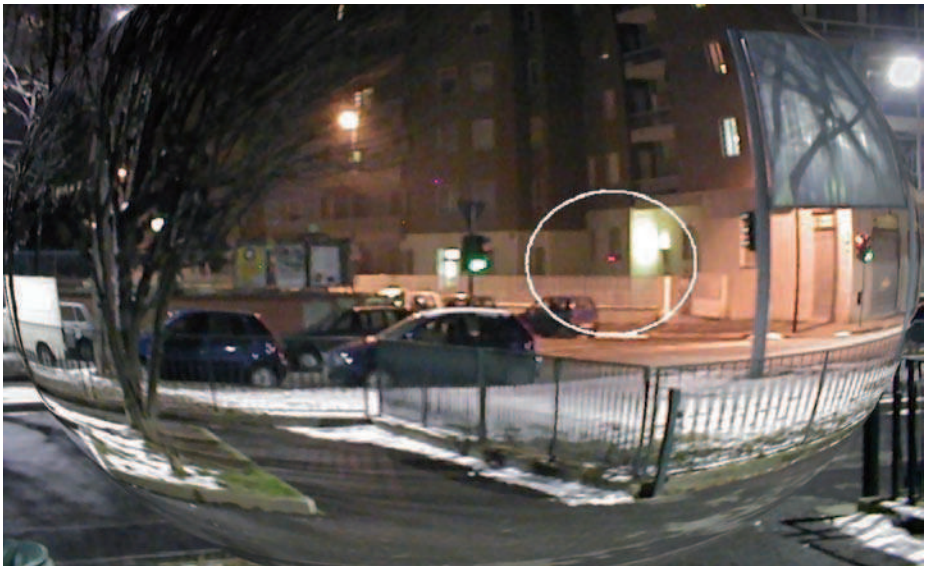


Figura 1: foto notturna da oltre 50 metri.

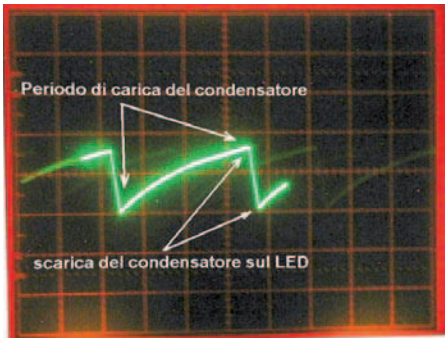


Figura 2: la tensione sul condensatore.

metro in centimetri corrisponde ai gradi di apertura del fascio di luce. La spiegazione è banale, un cerchio con il raggio di 57 cm ha una circonferenza che misura circa 360 cm. 360 gradi per 360 centimetri, dunque a ogni centimetro corrisponde un grado.Un angolo minore concentra il fascio che risulta più luminoso, ma fa sì che l'osservatore debba essere all'interno di cono di luce più piccolo per vederlo. Un'apertura di 20° è sufficiente all'uso, ad una decina di metri il fascio di luce ha già le dimensioni necessarie essendo visibile in un cerchio il cui diametro supera i tre metri. A 50 metri il cono ha quasi raggiunto i 18 metri, a 150 metri sarà visibile entro un cono di 50 metri. L'emissione di luce di un solo led è tale che può tranquillamente essere fotografato di notte ben oltre i 50 metri di distanza..

L'IDEA E LA REALIZZAZIONE

Visti i parametri del nostro led vediamo ora come alimentarlo con tensione basse facendo in modo che le batterie utilizzate vengano "spremute" il più possibile.
La configurazione più comune per alimentare un led è, come tutti noi sappiamo, di porre in serie al componente una resistenza che limiti la corrente. In questa configurazione è possibile alimentare il led con qualsiasi tensione entro limiti molto estesi. La resistenza consuma energia e la tensione disponibile al led è più bassa di quella di alimentazione. Alimentando il led entro i 3V potrebbe essere possibile eliminare del tutto la resistenza, ma non è una bella soluzione. Esiste un metodo più performante con cui il led appare nettamente più luminoso, si tratta di sfruttare la carica di un grosso condensatore che viene periodicamente scaricato sul led provocando una sorta di effetto flash. I led funziona in questo caso con un duty cycle del 10%, ovvero è acceso per un periodo che è circa 10 volte inferiore a quello in cui è spento, in questa frazione di tempo un grosso condensatore elettrolitico si carica per scaricarsi in un attimo, nel semiperiodo successivo, sul led che emette un breve, ma intenso, lampo di luce. La spiegazione è semplice, la carica del condensatore fornisce al led un picco di corrente che le sole batterie potrebbero non essere (più) in grado di fornire, particolarmente se sono ormai stanche. Esiste ancora una resistenza limitatrice, il condensatore deve caricarsi nel semiperiodo in cui led è spento, ma si tratta di un periodo di tempo relativamente lungo e la corrente di carica deve essere ragionevolmente limitata.Oscillatore astabile è realizzato "alla vecchia maniera" ovvero con due transistor, il solito NE555 avrebbe potuto essere impiegato in modo assolutamente analogo, ma la soluzione a due transistor funziona con tensioni di alimentazione molto basse.Il tutto infatti funziona senza apprezzabili differenze circa la luce emessa da 2,5 a 4,5 V, scendendo ancora di alimentazione cessa di lampeggiare in modo utile appena sotto i 2V. durante i test un esemplare alimentato con tre elementi stilo al NiCd da 500mA (dunque 3,6V) ha funzionato per poco meno di tre giorni, il traguardo dei sette giorni è dunque raggiungibile semplicemente ricorrendo a a due elementi alcalini di buona marca. Il consumo medio è di poco meno di 7 mA. Nell'oscillatore astabile a transistor di solito i valori di R1 e R2, C1 e C2 sono uguali, nel nostro caso ovviamente non lo sono perché la forma d'onda in uscita deve essere molto "sbilanciata" ovvero il periodo in cui il transistor che accende il led (Q2) deve essere saturo è dalle 10 alle 20 volte inferiore al periodo in cui il medesimo è interdetto. Ecco dunque che R1 e R2 sono uguali, C1 e C2 hanno invece valori molto diversi.Il primo prototipo è stato realizzato come fanalino posteriore da bici e assemblato su un circuito stampato "riadattato" proveniente da un vecchio kit, i successivi semplicemente su una basetta millefori. I componenti sono pochi e il circuito è estremamente semplice che certamente nessun lettore avrà difficoltà a riprodurlo su millefori! Secondo l'uso a cui sarà destinato sceglieremo quale contenitore uno scatolino in plastica, meglio se già dotato di portapile. ❑

LISTA COMPONENTI

R1 - 39 kΩ
R2 - 39 kΩ
R3 - 3300 Ω
R4 – 100 Ω

C1 - 2,2 µF 16V elettrolitico
C2 - 47 µF 16V elettrolitico
C3 - 2700 µF 16V elettrolitico

Q1 - 2N2222 o equivalente NPN
Q2 -2N2222 o equivalente NPN
D1 - Led rosso ad alta luminosità

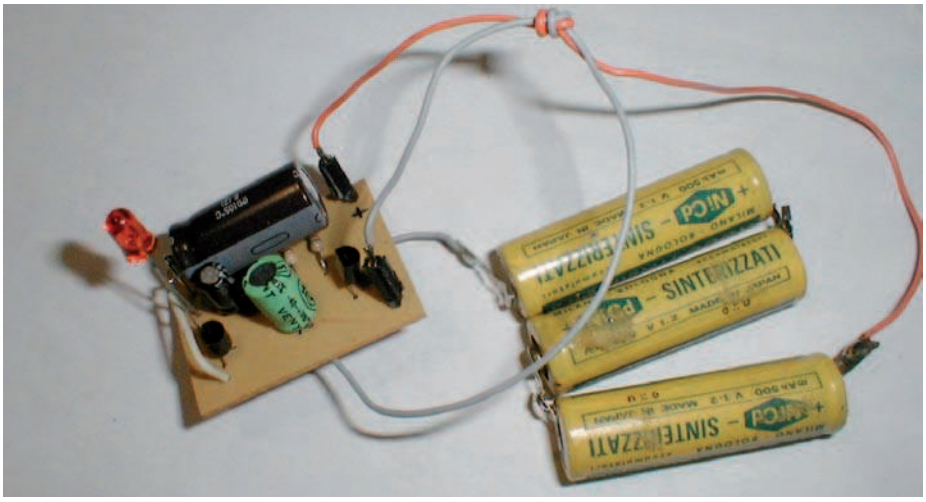


Figura 3: il prototipo durante il test di durata delle batterie.

CODICE MIP 2792386

di ETTORE PICCIRILLO

Consumi SOTTO CONTROLLO!

In tema di risparmio energetico un dispositivo di controllo del consumo applicato al contatore di energia elettrica capita proprio a puntino.

Il dispositivo descritto consente la misura del valore istantaneo del consumo di energia elettrica,avvisandoci quando viene superata una soglia prefissata dall'utente.
Il principio di funzionamento è molto semplice e si basa sulla misura della frequenza di pulsazione luminosa di un led presente sul contatore di energia installato dalla compagnia elettrica nei nostri appartamenti. Tutti ricorderanno che una volta i contatori di energia elettrica erano realizzati con un dischetto di alluminio il quale, sottoposto all'azione del campo magnetico risultante, si animava di una rotazione più o meno veloce: il numero di giri al minuto era proporzionale alla corrente elettrica impegnata, fornendo così una sensazione chiara del consumo istantaneo di energia. Per la precisione un contatore di energia per uso domestico effettuava 900 giri per ogni KWh. I moderni contatori hanno un display LCD dove l'utente può leggere tutte le informazioni che riguardano il consumo,ma anche altre informazioni come il tipo di contratto in essere, la potenza installata e molto altro.
Accanto al display sono visibili 2 led rossi disposti in colonna, quello più in basso si accende solo quando il consumo di corrente è nullo per indicare che la fornitura elettrica è presente anche se non la utilizziamo, l'altro led invece, pulsa con un ritmo proporzionale alla energia elettrica assorbita. Non a caso anche questa volta sono 900 impulsi per 1 KWh, ci sarà sufficiente quindi conteggiare i lampeggi del led in un intervallo di tempo noto per poter calcolare il consumo in Kilowattora.

Esempio: se il consumo è di 2 KWh allora avrò 1800 impulsi per ogni ora, se utilizziamo una base dei tempi di 1 minuto avremo 1800/60 = 30 impulsi totalizzati.

Analogamente possiamo calcolare i 4 valori di pulsazione corrispondenti alle soglie di potenza impostate sul dip switch corrispondenti ad una taratura T3 sul contatore di energia domestico.

KW/H	IMP/MIN
1	15
2	30
3	45
3.5	52.5

Si comprende subito che la precisione di misura dipende esclusivamente dalla base dei tempi utilizzata nel progetto ed è per questo motivo che è stato scelto un quarzo a 32 KHz del tipo normalmente utilizzato negli orologi digitali. Il dispositivo proposto in questo articolo utilizza un microprocessore della famiglia Microchip PIC16C54 per calcolare il numero di pulsazioni nell'unità di tempo.

FUNZIONAMENTO DEL CIRCUITO

Un foto transistor viene opportunamente sistemato davanti al led del contatore (quello superiore da cui si ricava l'informazione sul consumo istantaneo). Per facilitarne l'installazione, il sensore ottico è stato inserito all'interno di un gommino a ventosa (quelli utilizzati per il sostegno di mensole di vetro, normalmente disponibile presso un qualunque negozio di fai-da-te).

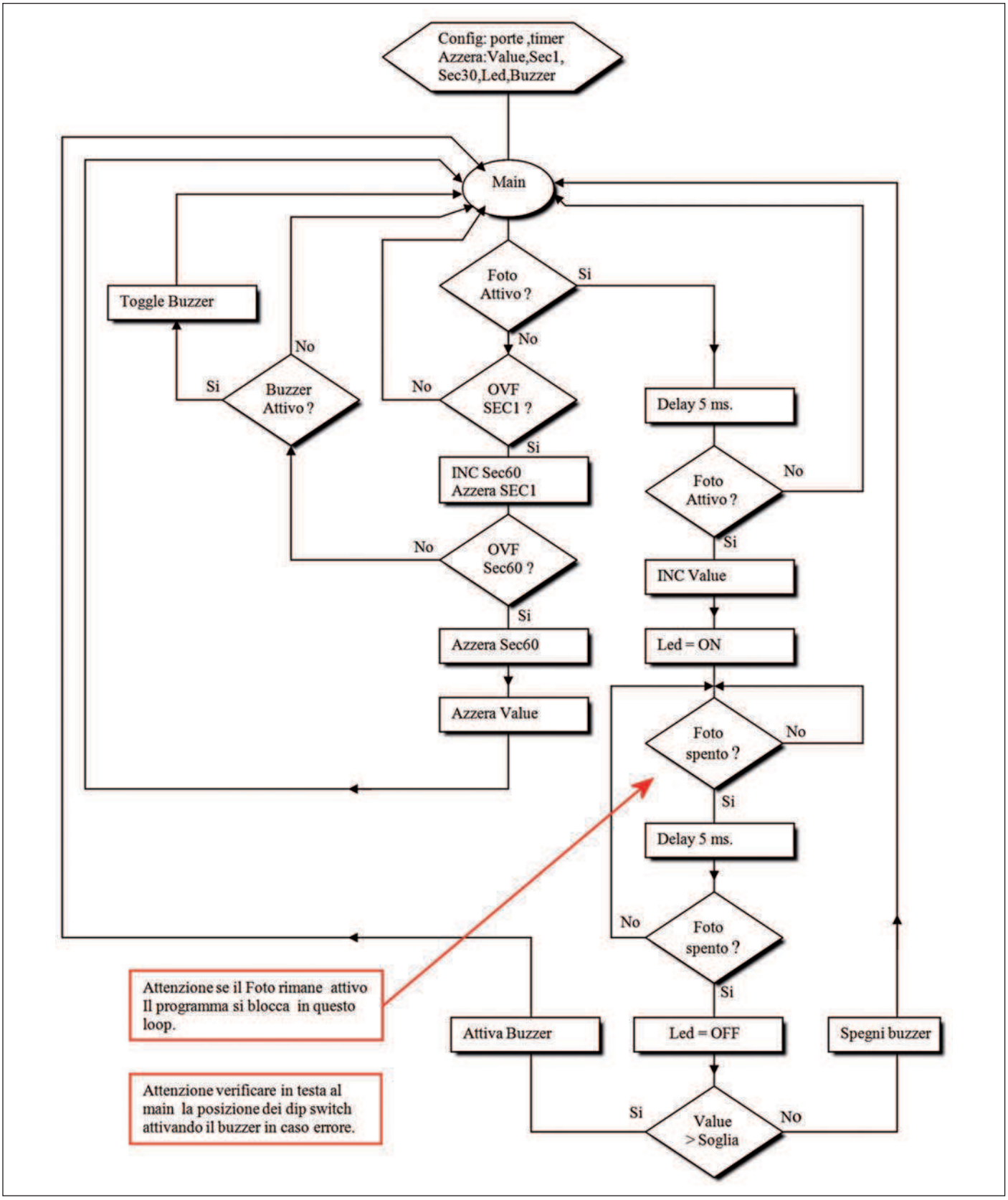


Figura 1: diagramma di flusso del firmware del microcontrollore.

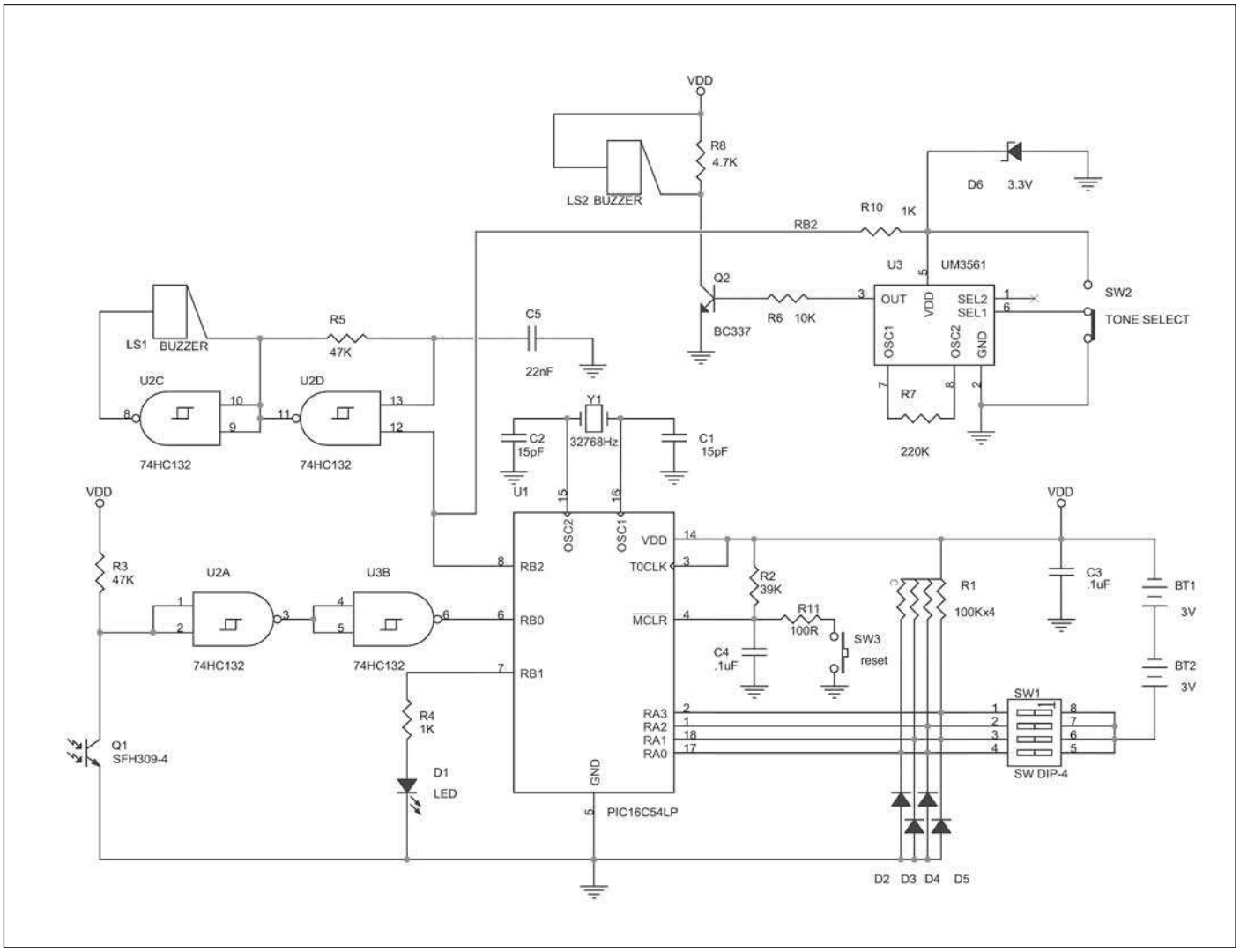


Figura 2: schema elettrico del monitor di consumi.

Le pulsazioni rilevate dal sensore dopo essere state accuratamente ripulite e ben squadrate giungono sulla porta RB.0 del processore. Il processore conteggia il numero di impulsi continuamente ed ogni volta che ne riceve uno, emette l'eco su un led rosso tramite la porta RB.1 in questo modo siamo sicuri che il sensore è correttamente posizionato, ed il micro sta lavorando.

La soglia di consumo che si vuole scegliere, viene stabilita dall'utente tramite un commutatore a 5 posizioni (nell'articolo è stato utilizzato un dip switch) corrispondenti a 5 distinti valori 0-1-2-3-3.5 KWh.

Il circuito entra automaticamente in funzione quando si seleziona una delle 4 soglie significative, in pratica sulla posizione 0 il controllo è escluso e di fatto non lavora.

Le 4 linee di ingresso della porta RA del microprocessore sono così destinate:

- RA.0 = 1 KWh
- RA.1 = 2 KWh
- RA.2 = 3 KWh
- RA.3 = 3.5 KWh

Combinazioni non previste su questa porta danno luogo ad un errore e subito entra in funzione l'allarme, in quanto non è possibile impostare contemporaneamente 2 soglie.

La combinazione non prevista (cosa possibile se si utilizza un dip switch) viene utilizzata per controllare il corretto funzionamento del buzzer.

Una volta impostata la soglia di consumo, il dispositivo comincia la sua azione di monitoraggio, tenendo sotto costante controllo la pulsazione del led.

Potrete accertarvi del corretto funzionamento del controllo accendendo un asciugacapelli oppure il forno o lo scaldabagno, per vedere subito entrare in allarme il cicalino.

Una volta scaturito l'allarme è necessario resettare il sistema pertanto è stato previsto l'impiego di un pulsantino oppure bisogna riportare il selettore nella posizione escluso.

Come già detto sopra l'intervallo di osservazione del consumo dura 60 secondi, c'è bisogno quindi di accumulare il conteggio per poter decidere se si sta superando il limite impostato. Il cicalino viene realizzato tramite un oscillatore RC costruito con una porta schmitt trigger attivata su comando del micro linea RB.2.

Opzionalmente il circuito di allarme può es-

FIERA DELL'ELETTRONICA

ELECTRONIC days

VENTURINA (LI)

presso Centro Fieristico

11-12 SETTEMBRE 2010

orario continuato dalle 9.00 alle 19.00

FIERA DELL'ELETTRONICA IN GENERE

+ MERCATINO SURPLUS

CODICE MIP 2768470

MANIFESTAZIONI FIERISTICHE ITALFIERE S.R.L.

Puoi scaricare lo sconto sul biglietto d'ingresso:

www.italfiere.net

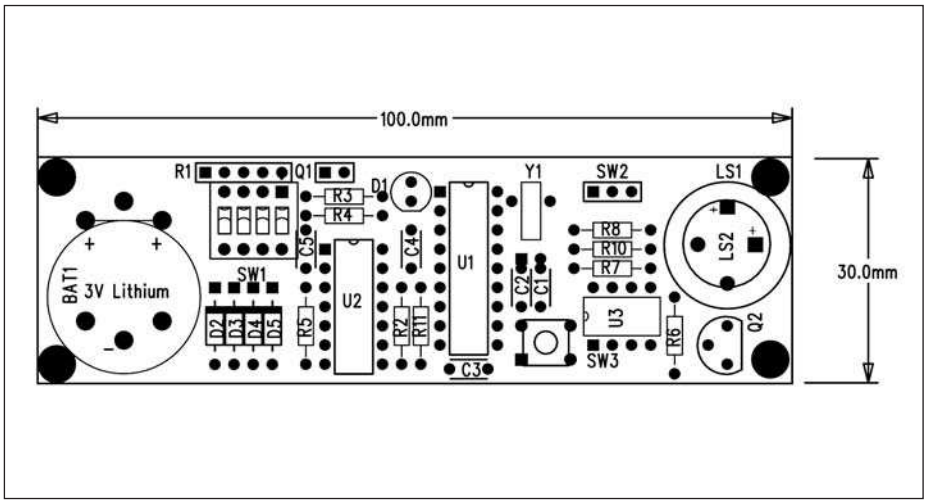


Figura 3: piano di montaggio dei componenti.

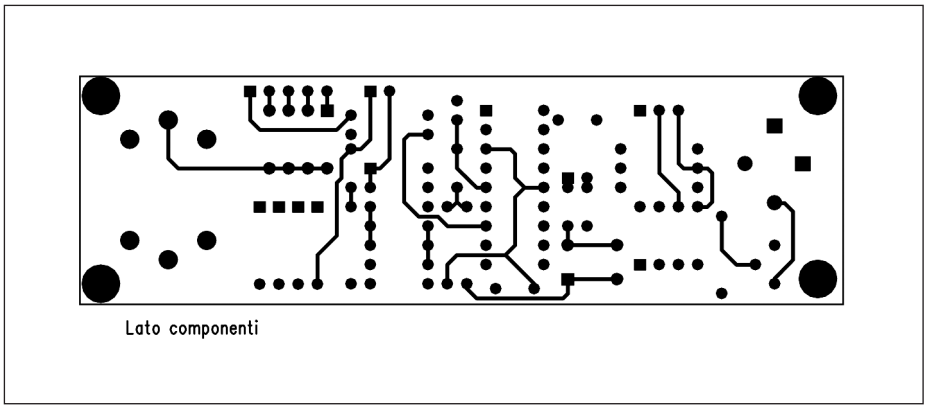


Figura 4: circuito stampato lato componenti.

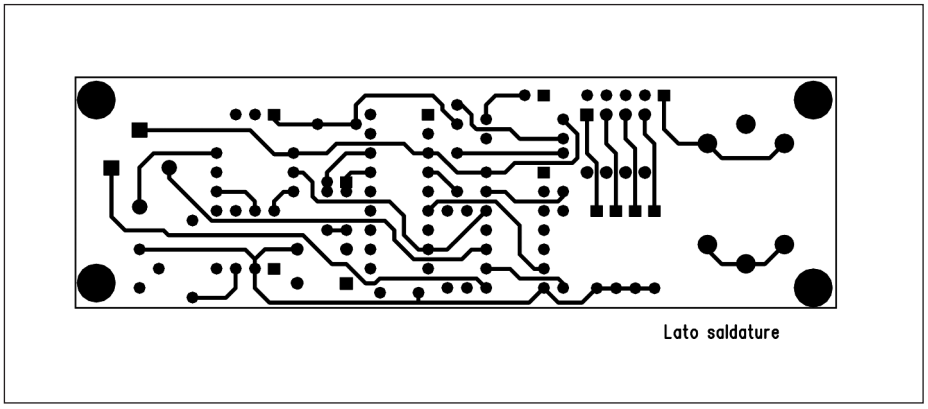


Figura 5: circuito stampato lato rame

sere sostituito con un generatore di suoni di tipo integrato, tipo UM3561 (www.rapidonline.it) oppure HT2844 entrambi funzionanti a 3 volt di alimentazione.

L'ALIMENTAZIONE DEL CIRCUITO

A proposito di alimentazione, il circuito misuratore di consumo viene alimentato con 2 batterie in serie da 3 volt, tipo CR2032, interponendo 1 diodo in serie al negativo di batteria si ottiene il duplice vantaggio di non superare la massima tensione di alimentazione del micro (5 volt) e contemporaneamente di poter disattivare il circuito, quando nessuna soglia è stata selezionata. Si potrebbe anche utilizzare un più moderno processore a 3 volt ed una sola batteria, ma la potenza acustica del cicalino piezoelettrico risulterebbe inferiore.

Per coloro che avessero il contatore di energia installato lontano dall'appartamento è sempre possibile remotizzare l'allarme, attivando invece del cicalino, un telecomando a RF e raccogliendone il segnale sulla ricevente questa volta installata presso l'abitazione.

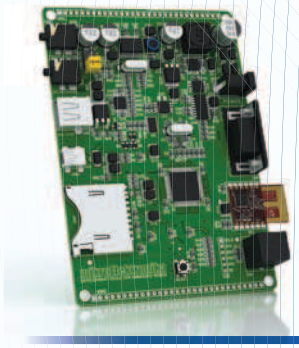
IL SOFTWARE

Nel flowchart è visibile la struttura del programma. Innanzitutto viene impostato il **TIMER0**, tenuto conto che si sta utilizzando un quarzo a 32.768 Hz per impostare un contatore a 2 Hz il prescaler viene settato a 256 ed il **TIMER0** confrontato col valore 16. La locazione SEC60 realizza un timer a 1 minuto (120 impulsi da 2 Hz).Viene quindi controllato che un solo valore di soglia sia stato impostato, i 4 bit della porta RA vengono fatti ruotare ed analizzati 1 per 1. La subroutine SOGLIA restituisce il valore in KWh impostato dall'utente su uno dei 4 possibili livelli. D'ora in avanti viene monitorato lo stato del sensore ottico d'ingresso e, ad ogni impulso rilevato, viene generato un eco sulla linea RB.1 e incrementato di 1 il valore della locazione VALUE.Ogni volta che la locazione SEC60 raggiunge il valore di 120 (in pratica ogni minuto) viene confrontato il valore totalizzato in VALUE con il valore restituito dalla subroutine SOGLIA se il confronto è positivo allora viene attivato l'allarme altrimenti si torna in MAIN_1.In ogni caso prima di ripetere il loop vengono azzerate tutte le locazioni di comodo VALUE, SEC60 ed il conteggio riparte da capo.Nel programma viene anche attivato un bit di test RB.3 che emette un segnale ad onda quadra con un secondo di ripetizione, anche se poi non è stato utilizzato in alcun modo per ridurre i consumi della batteria. Una volta scaturito l'allarme è necessario resettare il sistema pertanto è stato previsto l'impiego di un pulsantino oppure bisogna riportare il selettore nella posizione escluso.

Il Il firnware, scritto in assembler, è disponibile per il download sul sito www.farelettronica.com. ❑

CODICE MIP 2772468

MULTIFUNCTIONAL, JUST AS IT IS



BACKSIDE VIEW

POWERED BY
PIC32®MX460F512L

PIC32®MX4 MultiMedia Board

PIC32®MX4 MultiMedia Board is a compact development system used for developing advanced embedded applications with Microchip's **PIC32®MX4 devices**. Numerous built-in modules such as TFT Color Display 320x240 with Touch Screen, Stereo Codec, Accelerometer, Serial Flash, Serial ROM and many others are provided on the board.

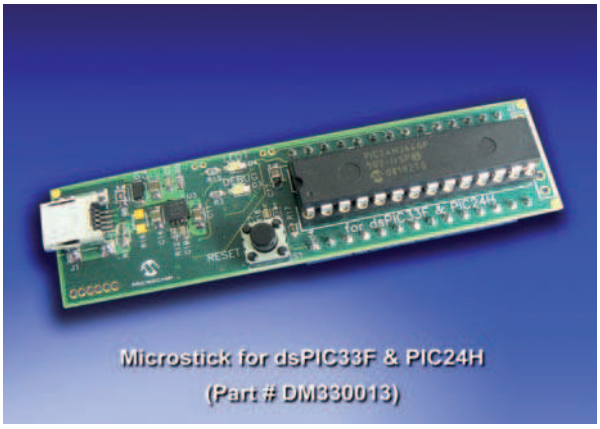
THE EASIEST WAY TO CREATE YOUR OWN MULTIMEDIA DEVICE

MX7 COMING SOON!

CODICE MIP 2784805

MikroElektronika
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS
...making it simple

GET IT NOW
www.mikroe.com



Microstick, la nuova scheda di sviluppo Microchip

Microchip annuncia la scheda di sviluppo Microstick per dsPIC33F e PIC24H . Si tratta di una soluzione completa e a basso costo – offerta in un compatto formato da 20x76 mm - per progettare con i microcontroller Microchip a 16-bit PIC24H e con i Digital Signal Controller (DSC) dsPIC33F. Per soli 24,99 dollari, la soluzione Microstick offre un programmer/debugger USB integrato che consente di ridurre i cicli di apprendimento. Per ottenere i massimi livelli di flessibilità, Microstick può essere utilizzato in stand-alone o inserito in una scheda di prototipazione. In più, agli utenti della comunità didattica è riservato uno sconto del 25%. Molti ingegneri, docenti, studenti e hobbisti hanno l'esigenza di una soluzione a basso costo per sviluppare e correggere il codice dei DSC e dei micro controller a 16-bit. Tra i numerosi benefici, Microstick è popolato con un microcontroller su zoccolo che può essere facilmente sostituito. Microstick lavora con il modello PIC24HJ64GP502 - la MCU a 16-bit MCU più potente oggi in commercio – e con il DSC dsPIC33FJ64MC802 – che combina in modo ottimizzato risorse DSP ed MCU all'interno di un'unica architettura.

Codice MIP 2792612

Microchip LANCIA I NUOVI OPAMP low-power

Microchip annuncia gli amplificatori operazionali MCP6401/2/4 : i nuovi prodotti vanno ad aggiungersi alla line di op amp general-purpose proposti da Microchip, contribuendo con nuove versioni a consumi ridotti e con package di dimensioni più contenute. Grazie a una corrente di riposo di soli 45 microampere con un GBWP (Gain Bandwidth Product) di1 MHz, gli op amp MCP6401/2/4 complementano la linea di microcontroller (MCU) PIC® eXtreme Low Power di Microchip contribuendo ad estendere l'autonomia della batteria nell'ambito di un vasto spettro di applicazioni comprendente - tra l'altro - riproduttori musicali, elettrodomestici e console per videogiochi per il settore consumer; scanner per codici a barre e contatori gas per il settore industriale; sistemi automotive di condizionamento segnali per sensori di rilevamento della pressione dei pneumatici e di prossimità; sistemi quali glucometri e apparati portatili di monitoraggio per il settore medicale.

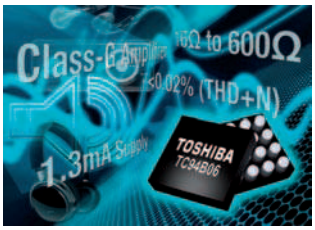
Tra le numerose caratteristiche spiccano un offset massimo di tensione di +/-4.5 mV e un livello di alimentazione da 1.8V a 6V su tutto il range operativo (da -40ºC a +125ºC). Gli op amp vantano un livello di guadagno unitario e ingressi e uscite stabili su tutto il range rail-to-rail, assicurando prestazioni superiori su tutto lo spettro di tensioni operative.

Le versioni MCP6401/1U/1R sono disponibili in package SC-70 o SOT-23 a 5-pin mentre la versione MCP6402 è offerta in package SOIC o 2mm x 3mm TDFN a 8-pin: il modello MCP6404 è proposto in package SOIC o TSSOP a 14-pin.

Gli op amp sono supportati dall'Active Filter Demo Board Kit di Microchip e dalle schede di valutazione MCP6XXX.

Codice MIP 2792614

CODICE MIP 2778436



Amplificatore
AUDIO IN CLASSE G

Toshiba Electronics Europe ha presentato un amplificatore per auricolari stereo che offre ottime prestazioni audio e un assorbimento di corrente estremamente limitato. Il nuovo amplificatore permette di realizzare prodotti elettronici di consumo portatili, come lettori mp3 e riproduttori multimediali, che garantiscono un più lungo tempo di utilizzo senza dover ricaricare le batterie. Il nuovo amplificatore TC94B06 di Toshiba lavora in classe G, una modalità che garantisce un'efficienza energetica significativamente superiore a quella dei classici amplificatori in classe A/B, pur mantenendo una distorsione audio intrinsecamente bassa. Il nuovo dispositivo permetterà ai clienti di realizzare amplificatori per auricolari a bassissimo consumo evitando l'utilizzo dei costosi e complessi filtri necessari invece quando si utilizzano amplificatori in classe D. Un amplificatore in classe G funziona con una bassa tensione di alimentazione per la maggior parte dei livelli di segnale audio, ma è in grado di estendere temporaneamente la sua gamma dinamica quando deve trattare livelli di segnale elevati. Ciò migliora il rendimento energetico e riduce i consumi complessivi del sistema.

Codice MIP 2792606

NUOVI MODULI SimpleSwitcher

National Semiconductor Corp. (NYSE: NSM) ha annunciato oggi nove nuovi moduli di alimentazione SIMPLE SWITCHER: sono caratterizzati da un intervallo di temperature esteso e hanno superato test di vibrazione e di accelerazione per l'utilizzo in condizioni difficili. I moduli di alimentazione LMZ10503/4/5EXT, LMZ12001/2/3EXT, LMZ14201/2/3EXT hanno caratteristiche superiori , sono semplici da usare e assicurano l'efficienza di un regolatore a commutazione sincrono combinata con la semplicità di un regolatore lineare. Eliminano la necessità di un induttore esterno e le difficoltà di layout e di posizionamento dei componenti, tipiche dei progetti dei regolatori a commutazione. L'ampio intervallo di temperature di giunzione operative compreso – 55°C e 125°C rende i nuovi moduli di alimentazione SIMPLE SWITCHER ben adatti per FPGA (field programmable gate array), per microprocessori, per DSP (digital signal processor) e per altri tipi di conversioni POL (point-of-load) in ambienti quali applicazioni industriali e militari.

Codice MIP 2792620

RISORSE ONLINE PER IL MONDO DEI CONNETTORI

Molex Incorporated ha lanciato Connector.com, un nuovo sito blog interattivo che offre agli utenti accesso alle ultime notizie, tendenze e opinioni del settore dei connettori. Gli esperti Molex del settore dei connettori propongono commenti sulle problematiche e sulle sfide affrontate dai progettisti odierni. I primi articoli comprendono argomenti relativi ai connettori generali nonché all'erogazione di elevate potenze e a soluzioni sostenibili. "Connector.com è un mezzo interattivo per Molex per avviare discussioni importanti con i nostri clienti, i partner e altri soggetti interessati. Disponendo di specialisti del prodotto per quasi tutti gli aspetti del settore dei connettori, siamo in grado di condividere preziosi approfondimenti e intraprendere conversazioni su un'ampia gamma di argomenti", afferma Brian Krause, vicepresidente Molex. "Prevediamo che Connector.com diventerà uno strumento in cui non solo saranno fornite informazioni, ma dove saranno anche condivise opinioni e idee."

Codice MIP 2792608

di LUCA STANZANI

Potenziometro DIGITALE A controllo ANALOGICO

Questo articolo propone un circuito in grado di controllare il valore di un potenziometro digitale partendo da una semplice tensione analogica.

Il circuito proposto permette di variare la resistenza di un potenziometro digitale, utilizzando una tensione analogica esterna. Come è immediato intuire sarà necessario convertire la tensione analogica in un valore digitale, per questo dovremo utilizzare un ADC. Poiché il potenziometro digitale preso in considerazione è dotato di un interfaccia I2C, sarà necessario anche un microcontrollore per comandarlo. Niente di più sensato quindi di scegliere un microcontrollore che abbia integrato un convertitore ADC. La scelta è caduta sul PIC12F683 della Microchip. Il PIC converte la tensione analogica ottenuta dall'ADC in flusso I2C per il potenziometro digitale che è un DS1803 della Maxim.

SCHEMA ELETTRICO

Lo schema del circuito proposto è mostrato in **figura 1**. Il microcontrollore è dotato di 6 pin, di questi quattro sono utilizzati: due controllano le linee SDA (system-data) e SCL (system-clock-line) dell'I2C, uno controlla un LED e l'ultimo accetta la tensione analogica in ingresso. Le linee SDA e SCL sono collegate direttamente al potenziometro digitale e hanno una resistenza di pull-up da 4,7Kohm verso la tensione di alimentazione. Se per caso il circuito prevede alimentazioni diverse per la parte relativa al potenziometro digitale, ovviamente le linee I2C dovranno avere i pull-up verso tale tensione. In **figura 2** è riportato lo schema a blocchi interno del PIC12F683, in particolare, in **figura 3** è possibile osservare la parte relativa all'ADC. La sorgente di segnale da portare in ingresso all'ADC può essere selezionata dai pin GP0, GP1, GP2 o GP4. Il valore di CHS decide quale segnale arriva in ingresso. La tensione di riferimento per l'ADC può provenire dall'esterno, dal pin GP1, oppure si può utilizzare la tensione di alimentazione. Il risultato della conversione è una parola a 10 bit che può essere allineata a piacere per prelevare tutti i bit o solamente gli 8 più significativi.

FIRMWARE

Il firmware per il circuito è scritto in linguaggio Assembly, utilizzando il programma Microchip MPLAB IDE (versione 7.40), disponibile gratuitamente sul sito web. Il programma occupa solamente 450 Byte di Flash per il programma e 8 byte di spazio dati in RAM.La sequenza delle operazioni prevede prima l'inizializzazione dei vari bit di configurazione per il PIC, necessari per settare correttamente l'ADC e l'oscillatore interno. L'ADC viene programmato per accettare in ingresso il segnale del pin GP1, e il clock per la conversione utilizza l'oscillatore interno programmato a 125KHz. Il firmware successivamente esegue continuamente un ciclo che prevede la conversione del segnale analogico in ingresso, il prelievo degli 8 bit più significativi del convertitore ADC (che è a 10 bit) e il loro invio tramite il bus I2C. Il bus I2C è utilizzato per controllare il potenziometro digitale DS1803, in realtà come si può vedere dal-

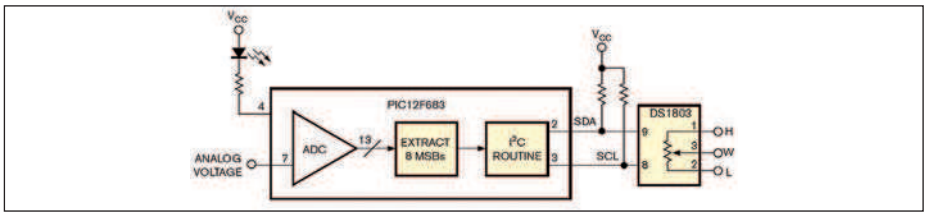


Figura 1: schema del circuito per controllare con una tensione analogica un potenziometro digitale.

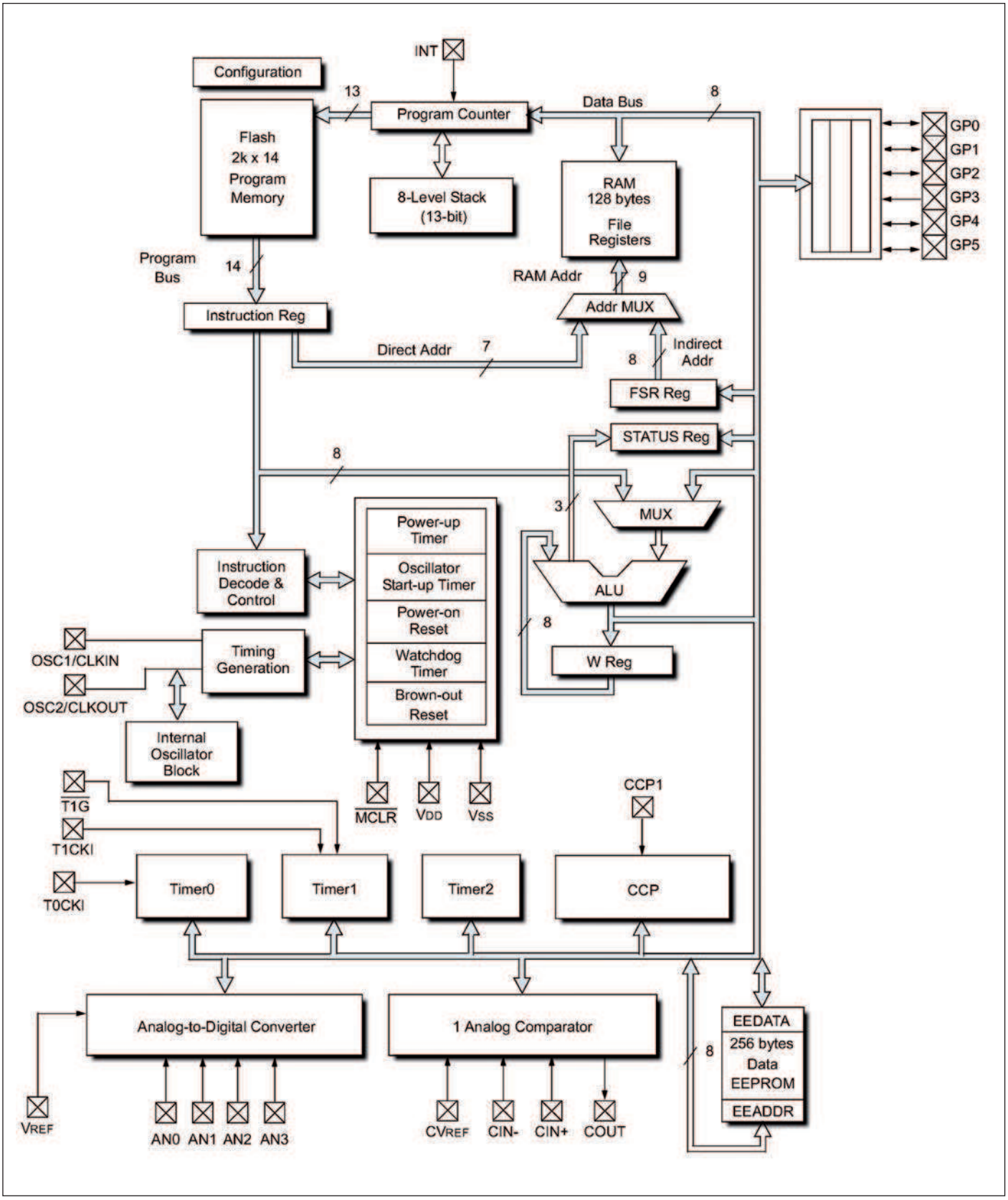


Figura 2: schema a blocchi del PIC12F683.

LISTATO **1**

```
;MAIN LOOP THAT CHECKS THE ADC AND MAKES NECESSARY CHANGES

LOOP
   call       DELAY_MS
   LED2HIZ
   bsf        ADCON0,GO            ;Initialize new A/D conversion
   btfsc      ADCON0,GO            ;Wait for conversion to complete
   goto       $-1

;MAKE ADC DATA BYTE FOR SENDING USING THE TOP 8 BITS OF 10 BIT ADC
   banksel    STATUS
   bcf        STATUS,0
   banksel    ADRESH
   rlf        ADRESH,1
   rlf        ADRESH,1
   rlf        ADRESH,1
   rlf        ADRESH,1
   rlf        ADRESH,1
   rlf        ADRESH,0
   banksel    ADC_DATA_BYTE
   clrf       ADC_DATA_BYTE
   iorwf      ADC_DATA_BYTE,1
   banksel    STATUS
   bcf        STATUS,0
   banksel    ADRESL
   rrf        ADRESL,1
   banksel    STATUS
   bcf        STATUS,0
   banksel    ADRESL
   rrf        ADRESL,0
   ;xorlw     0xC0
   banksel    ADC_DATA_BYTE
   iorwf      ADC_DATA_BYTE,1

I2C_SEQUENCE
   call       I2C_START            ;start
   I2C_ERROR_TEST                         ;Macro that tests I2C is working or not

   movlw      CONTROL_BYTE_W
   banksel    I2C_WORD
   movwf      I2C_WORD
   call       I2C_WRITE            ;CONTROL BYTE
   I2C_ERROR_TEST                         ;Macro that tests I2C is working or not

   banksel    COMMAND_BYTE
   movf       COMMAND_BYTE, W
   banksel    I2C_WORD
   movwf      I2C_WORD
   call       I2C_WRITE            ;COMMAND BYTE
   I2C_ERROR_TEST                         ;Macro that tests I2C is working or not

   banksel    ADC_DATA_BYTE
   movf       ADC_DATA_BYTE, W
   banksel    I2C_WORD
   movwf      I2C_WORD
   call       I2C_WRITE            ;POT DATA
   I2C_ERROR_TEST                         ;Macro that tests I2C is working or not

   call       I2C_STOP             ;stop

   call       DELAY_MS
   LED2DVR

   goto       LOOP
```

PER *approfondire...*

- MAXIM IC website: http://www.maxim-ic.com/
- "DS1803 Addressable Dual Digital Potentiometer", Maxim
- "DS3906 Triple NV Low Step Size Variable Resistor Plus Memory", Maxim
- Firmware: http://www.maxim-ic.com/tools/other/appnotes/4051/AN4051.zip
- http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_correction

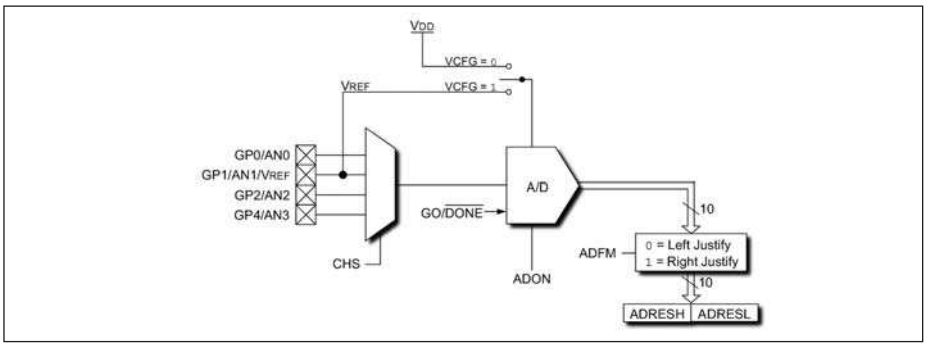


Figura 3: schema a blocchi dell'ADC interno al PIC12F683.

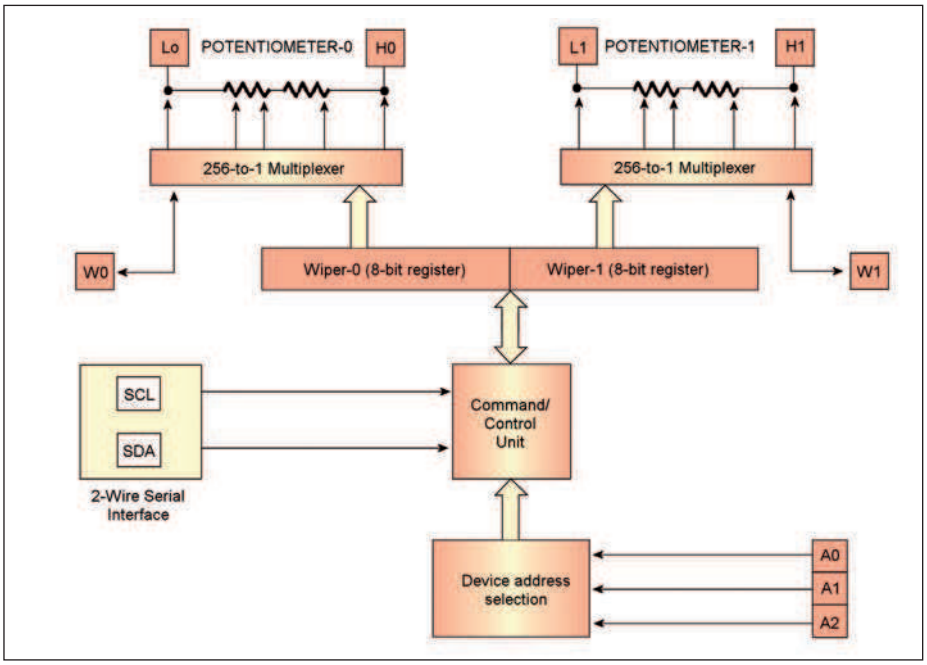


Figura 4: schema a blocchi interno del DS1803.

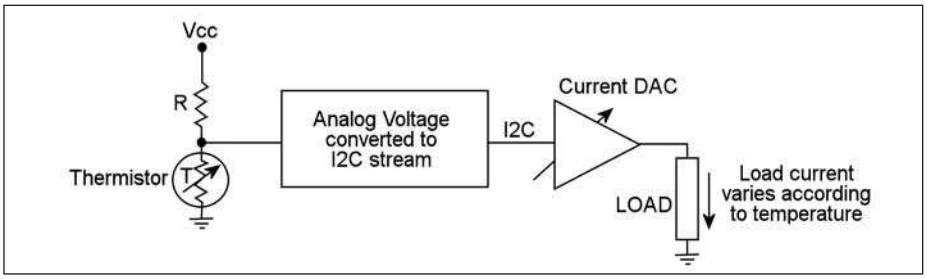


Figura 5: l'uscita del DAC varia in base alla temperatura ambiente rilevata.

la **figura 4** estratta dal datasheet, il DS1803 ha al suo interno due potenziometri. Il firmware li gestisce entrambi, con una piccola modifica è possibile pilotarli in maniera separata, sfruttando eventualmente due ingressi diversi sul PIC.

Il programma permette all'utente di controllare il potenziometro variando la tensione sul pin GP1 in ingresso al PIC12F683. Una variazione continua della tensione su GP1 si traduce allo stesso modo in una variazione continua della resistenza del potenziometro. Si può decidere di calcolare la resistenza di uscita ROUT in funzione della tensione in ingresso. Per il DS1803 la resistenza massima è di 50Kohm, la tensione di alimentazione VCC varia da 2,7 fino a 5V, la tensione d'ingresso VI quindi varierà tra 0 e VCC. La resistenza di uscita sarà quindi:

$$R_{OUT}\ (\text{Kohm}) = (50/VCC) \times V_I$$

Durante il normale funzionamento del circuito il led lampeggia costantemente, nel caso rimanga acceso significa che si è verificato un errore sul bus I2C. Una volta corretto l'errore il funzionamento del LED si ripristina. Solitamente gli errori che si possono manifestare sono relativi al corretto indirizzamento del DS1803 sul bus I2C e al corretto collegamento del bus stesso.

POSSIBILI APPLICAZIONI

Il principio di questo circuito si può estendere ad altre applicazioni dove una tensione analogica controlla un dispositivo con interfaccia I2C. Per esempio è possibile implementare una funzione di trasferimento non lineare, come la correzione di gamma, in questo caso conviene utilizzare il DS3906 come resistenza variabile e implementare la funzione di trasferimento attraverso delle tabelle di look-up in memoria. In alternativa è possibile collegare anche un termistore in ingresso al PIC, questo piloterà un DAC controllato via I2C in risposta ai cambiamenti della temperatura ambientale (**figura 5**).

FIRMWARE

Il **listato 1** riporta un estratto del codice reperibile anche sul sito web della MAXIM IC. Il codice riportato è relativo al main loop del programma. ❑

CODICE MIP 2772592

di ANTONIO GIANNICO

Quarzi e circuiti OSCILLATORI

Tutti coloro che hanno anche le sole basi teoriche-pratiche di elettronica hanno sicuramente avuto a che fare con generatori di segnali, oscillatori, multivibratori, quarzi e circuiti risonanti. Persino chi non sa nulla di elettronica ha avuto a che fare almeno una volta con un orologio al quarzo. Ma cosa è esattamente un quarzo e cos'è un oscillatore e soprattutto come funzionano e quale legame applicativo li unisce? A questa e ad altre curiosità teoriche e pratiche daremo risposta in modo semplice ed intuitivo in questo breve articolo.

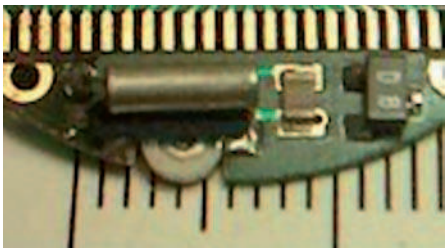


Figura 1: Quarzo presente sul circuito di oscillazione di un orologio digitale

In elettronica, un oscillatore è un circuito privo di ingresso in grado di generare, spontaneamente, se alimentato, una forma d'onda periodica. Un oscillatore differisce quindi da qualunque altro circuito elettronico proprio per il fatto di non presentare un ingresso. Si possono avere oscillatori *sinusoidali*, ad *onda quadra* o triangolare, operanti nella banda *audio*, udibili quindi dall'orecchio umano (frequenza compresa tra i 20Hz e i 20Khz) oppure al di fuori di essa. Il campo applicativo, il valore di frequenza e la stabilità dell'oscillazione, in funzione per esempio della variazione delle condizioni ambientali (come la temperatura) sono gli aspetti più importanti che portano a realizzare l'oscillatore in maniera differente a seconda dei casi.

I quarzi e più ingenerale i cristalli piezoelettrici sono ampiamente utilizzati in questo ambito tanto che il concetto di quarzo è spesso associato proprio alla realizzazione dei circuiti oscillatori.

Occorre precisare, tuttavia, che quarzo e oscillatore non sono termini equivalenti anche perché, come mostreremo nel proseguo dell'esposizione, per costruire un oscillatore o un multivibratore non è tassativamente necessario impiegare un quarzo. L'argomento rientra nel vasto campo delle tecniche di generazione delle forme d'onda.

Ovviamente data la sua vastità non pretendiamo con un solo articolo di esaminarlo in dettaglio, piuttosto intendiamo fornire al lettore una panoramica operativa abbastanza esauriente sui principi fisici e circuitali che sono alla base della progettazione dei circuiti oscillatori e dell'impiego dei quarzi. Per questo motivo eviteremo volutamente, quando possibile, di appesantire l'esposizione stessa con una descrizione eccessivamente analitica.

A COSA SERVE UN OSCILLATORE?

Prima di entrare nello specifico dell'argomento è opportuno chiedersi a cosa servano gli oscillatori e quindi anche i quarzi impiegati per la loro realizzazione. Senza dilungarci eccessivamente è sufficiente pensare al comune orologio al quarzo per comprendere che al suo interno debba esserci un generatore di clock oppure considerare i moderni telefoni a tastiera per comprendere come al loro interno debbano essere presenti oscillatori a frequenze audio, necessari ad inviare alla centrale i segnali di selezione oppure pensare agli oscillatori ad alta frequenza usati negli apparati per le funzioni di sintonizzazione e ricerca di segnali oppure pensare alle operazioni di modulazione e demodulazione nelle telecomunicazioni oppure ancora ai segnali di clock di qualunque circuito digitale o sistema a microcontrollore o microprocessore. Queste poche osservazioni bastano a comprendere come i circuiti oscillatori e multivibratori siano estremamente diffusi in elettronica e alla pari di essi i cristalli piezoelettrici.

L'OROLOGIO AL QUARZO

Una delle applicazioni che ha visto gli oscillatori al quarzo entrare nella vita di tutti noi alcuni decenni fa e che viene alla mente in modo ovvio è quella degli orologi al quarzo (**figura 1**). La necessità di scandire il trascorrere del tempo è da sempre un'esigenza dell'uomo. Un segnale periodico che si ripete indefinitamente è intrinsecamente uno strumento in grado di scandire il trascorrere del tempo; di conseguenza un oscillatore è un circuito adatto a costruire un orologio. Ovviamente ad un orologio si chiede precisione e stabilità da cui l'impiego di un clock basato su un cristallo di quarzo. La frequenza di oscillazione è generalmente fissata a 32768 Hertz. Una serie di circuiti

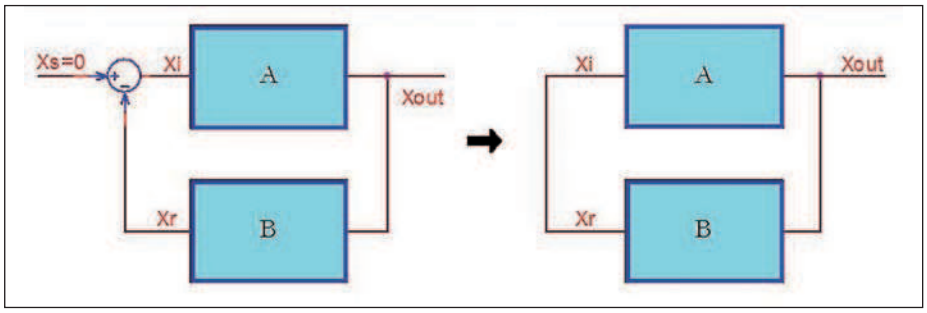


Figura 2: Schema modellistico generale di un amplificatore reazionato (A) e di un amplificatore reazionato positivamente privo di ingresso (Oscillatore)

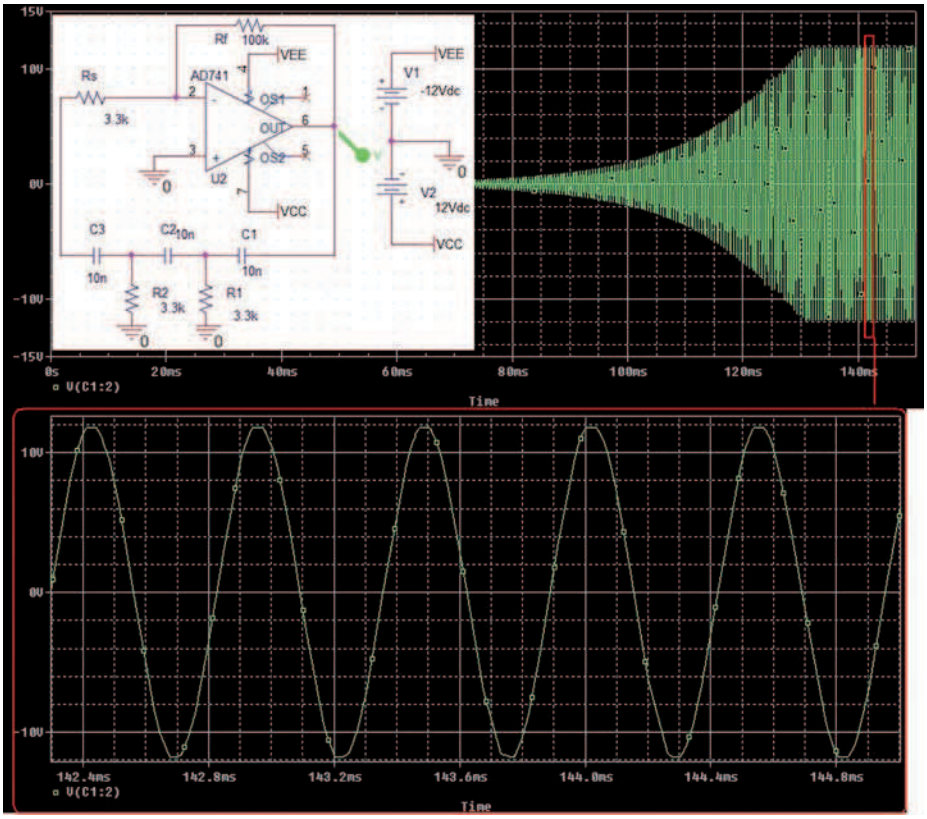


Figura 3: Oscillatore a sfasamento con amplificazione della rete diretta di guadagno circa pari ad 1,05 volte il guadagno minimo richiesto per il soddisfacimento della condizione di Barkhausen
(Si noti la scarsa distorsione ed il tempo relativamente lungo di andata a regime)

divisori dimezzano la frequenza iniziale fino ad ottenere un clock di un impulso al secondo; a questo punto è semplice utilizzare appositi contatori in sequenza per conteggiare secondi, minuti, ore.
Anche un orologio a lancette può basarsi sull'impiego di un quarzo. La frequenza di oscillazione del segnale viene divisa fino ad un valore di un Hertz e quindi amplificato per pilotare un motore elettrico, il quale attraverso una serie di ingranaggi provoca l'esatta rotazione delle lancette. In questo modo è possibile ottenere un orologio dall'aspetto elegante quanto i vecchi orologi meccanici ma con la precisione tipica degli orologi digitali al quarzo. Come accade sempre, nelle prime applicazioni tecniche di una scoperta o di un principio, i primi apparecchi sono di solito poco affidabili, costosi o inefficienti. La stessa cosa è accaduta per le apparecchiature quarzate. Tuttavia i diversi perfezionamenti che si sono avuti nel tempo hanno consentito di realizzare i primi orologi portatili al quarzo già negli anni sessanta ed il primo orologio da polso con display digitale (a LED) nel 1971.

OSCILLATORI E QUARZI

Occorre osservare che i quarzi presentano delle proprietà che li rendono particolarmente adatti alla costruzione di oscillatori, tuttavia è anche possibile costruire semplici oscillatori non quarzati o multivibratori basati sul ciclo di carica e scarica di un condensatore e su un amplificatori di tensione a reazione positiva. In ogni caso, il circuito è topologicamente strutturato in maniera tale che il segnale di uscita venga riportato in ingresso all'amplificatore in fase con se stesso, in modo tale che venga amplificato e lo si ritrovi in uscita con ampiezza maggiore; ovviamente se il circuito presenta una certa frequenza di risonanza solo quella frequenza potrà amplificarsi ripetutamente ed autosostenersi.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DI UN OSCILLATORE

Ciò che caratterizza un circuito oscillatore, indipendentemente dal fatto che impieghi o meno un quarzo è prima di tutto la sua topologia che si basa su una reazione positiva. Infatti in un amplificatore mentre la reazione negativa è salutare per moltissimi aspetti, quella positiva porta all'instabilità, cosa che si manifesta con l'insorgenza di fenomeni oscillatori. Negli oscillatori, tuttavia, questo effetto è esattamente quello che si desidera ottenere. Per comprendere meglio la questione è possibile sfruttare una descrizione modellistica di un circuito di questo tipo che da l'opportunità di esporre il principio di Barkhausen (**figura 2**).
Evidentemente deve valere la seguente relazione: Xout=AXi=AXr=ABXout

e perché il segnale si autosostenga deve essere: AB=1
In altre parole, il segnale, nel percorrere l'anello di reazione, non deve né attenuarsi né amplificarsi e lo sfasamento complessivo subito lungo l'anello di reazione deve essere nullo (o un multiplo intero di 360°). Questa condizione, detta appunto di Barkhausen, va soddisfatta alla sola frequenza di oscillazione desiderata se si vuole che il segnale generato sia sinusoidale.
É necessario che la rete di reazione sia selettiva, per esempio una semplice rete

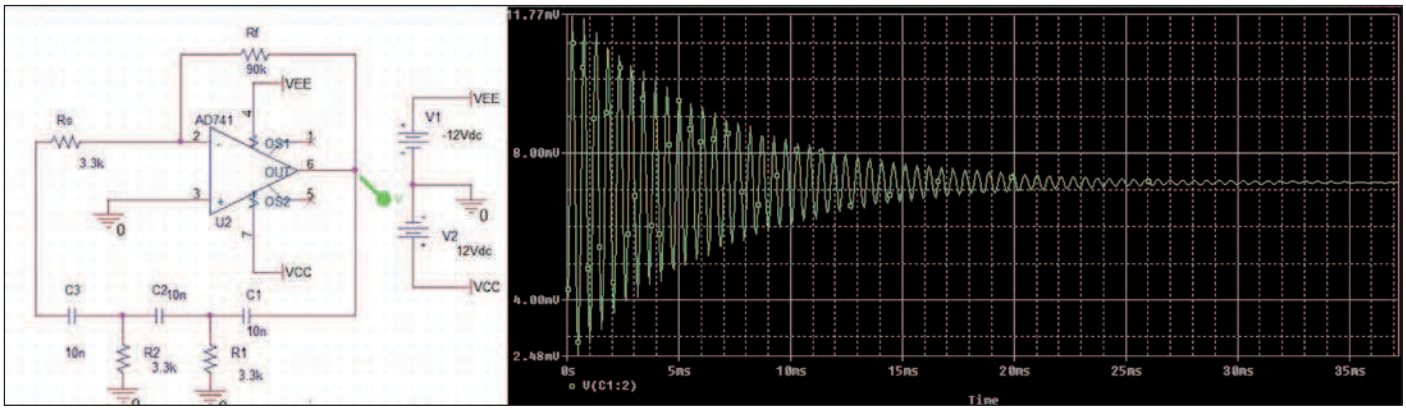


Figura 4: Oscillatore a sfasamento con amplificazione della rete diretta di guadagno inferiore al valore minimo richiesto per il soddisfacimento della condizione di Barkhausen (si noti l'estinzione del segnale)

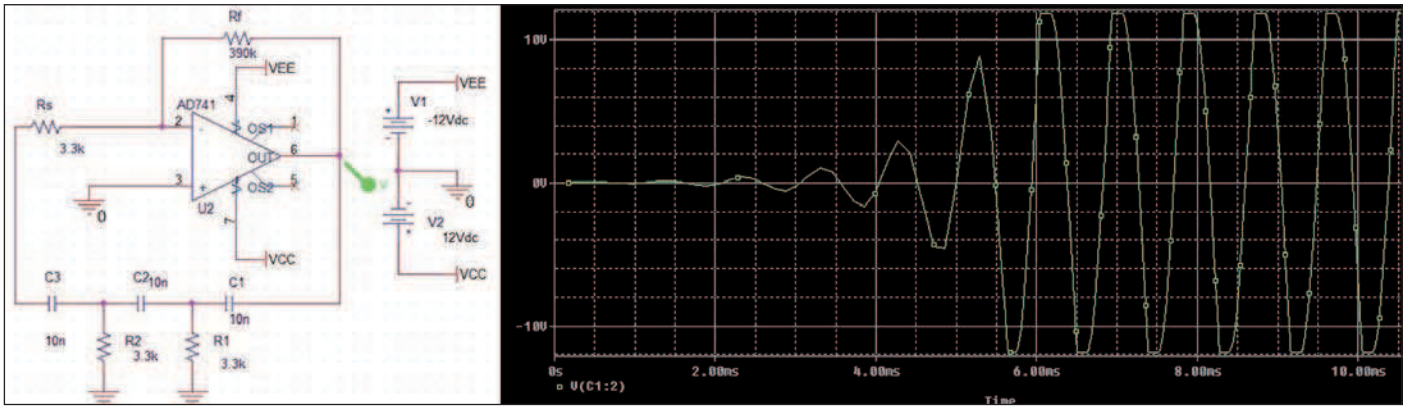


Figura 5: Oscillatore a sfasamento con amplificazione della rete diretta di guadagno molto superiore al valore minimo richiesto per il soddisfacimento della condizione di Barkhausen (si noti il transitorio molto breve e l'effetto di distorsione sulla forma d'onda in uscita)

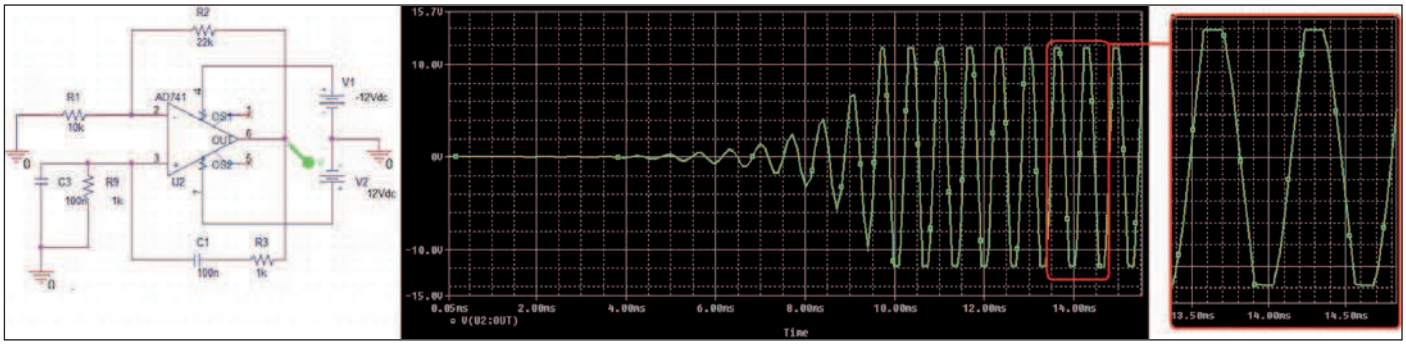


Figura 6: Oscillatore a ponte di Wien. Si noti la distorsione sul segnale dovuta alla mancanza di controllo dell'ampiezza)

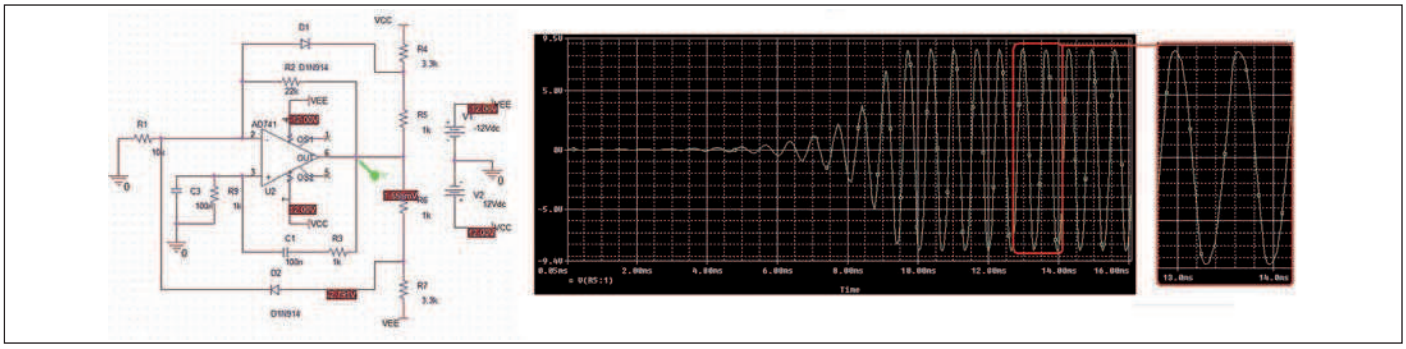


Figura 7: Oscillatore a ponte di Wien con circuito di controllo del guadagno. Si noti la scarsa distorsione sul segnale in uscita)

passiva RC, RL o RLC. L'oscillatore deve in realtà presentare all'accensione AB>1 alla frequenza di oscillazione f_0; è necessario inoltre che l'ampiezza delle oscillazioni non cresca troppo rapidamente, cosa che potrebbe comportare l'insorgenza di distorsione dello stesso segnale. Il rispetto della condizione AB>1 fisicamente equivale a dire che un qualunque rumore può essere amplificato lungo l'anello e presentarsi nuovamente in fase con se stesso in ingresso, essere nuovamente amplificato e cosi via rinforzandosi. Per questo motivo si parla di autoinnesco e autosostentamento del segnale oscillatorio. È chiaro infatti che se il guadagno di anello AB presenta un modulo inferiore ad 1 il segnale non si amplifica abbastanza lungo l'anello e quindi non vi è possibilità di autosostentamento. Ovviamente, da un punto di vista energetico il fatto che si riesca a generare un segnale oscillatorio senza che il circuito sia caratterizzato da un ingresso è perfettamente coerente da un punto di vista fisico: l'energia deriva dall'alimentazione del circuito. Poiché, come abbiamo detto, un oscillatore non impiega necessariamente un quarzo è utile mostrare anche alcuni esempi di oscillatori che non usano un quarzo ma solo elementi attivi e reattivi. A tale proposito è opportuno osservare, come orientamento pratico, che gli oscillatori di bassa frequenza (tipicamente inferiore a 100kHz) possono impiegare senza particolari problemi amplificatori operazionali. Di seguito ne illustreremo alcuni. Un oscillatore sinusoidale ad una certa frequenza in ogni caso altro non è che un amplificatore instabile a quella determinata frequenza.

OSCILLATORI LINEARI E OSCILLATORI NON LINEARI

In generale si distinguono due categorie di oscillatori:
-oscillatori sinusoidali nei quali rientrano l'oscillatore a ponte di Wien, gli oscillatori a sfasamento e gli oscillatori a tre punti;
-oscillatori non lineari tra i quali troviamo i ring-oscillator ed i multivibratori.Il principio di funzionamento delle due categorie è estremamente differente. In entrambi i casi è comunque possibile rendere la frequenza di oscillazione estremamente stabile proprio ricorrendo all'impiego di cristalli piezoelettrici.

OSCILLATORI A SFASAMENTO

L'oscillatore a sfasamento mostra probabilmente in modo più semplice ed intuitivo il significato fisico del principio di Barkhausen. Esso utilizza un amplificatore invertente ed una rete di reazione che, alla frequenza di oscillazione f_0, sfasa di altri 180° il segnale. Lo sfasamento complessivo lungo l'anello di reazione è quindi pari a 360°.
La parte amplificatrice (che consente di soddisfare la condizione sull'ampiezza, dal momento che la rete di sfasamento è generalmente passiva) invertente può essere realizzata sia a transistor o a FET che ad operazionale. In **figura 3** è riportata la tipica configurazione circuitale ad opamp. Topologicamente, il circuito consente, grazie alle tre celle RC, lungo l'anello, uno sfasamento del segnale compreso, in funzione della frequenza, nel range 180°+3x0°<a<180°+3x90°=450° cioè 180°<a<450°. Con due sole celle avremmo avuto 180°<a<360° insufficienti a soddisfare il principio di Barkhausen. Dunque, con queste

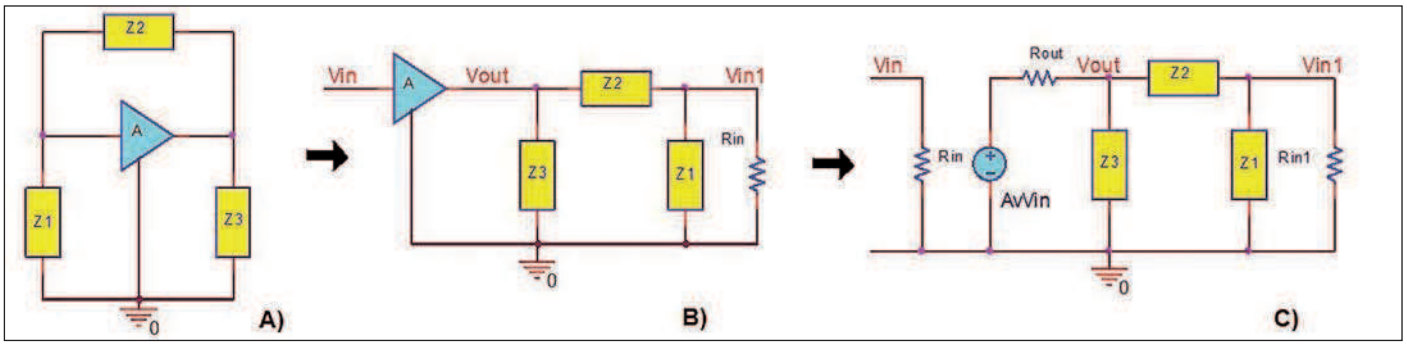


Figura 8: Topologia generale di un oscillatore ad alta frequenza a tre punti (A); schematizzazione con anello aperto (B); schema di riferimento per il calcolo delle condizioni di oscillazione (C)

premesse topologiche si ha una frequenza (frequenza di oscillazione) alla quale la rete di sfasamento introduce 180° di sfasamento e quindi l'anello completo 360° gradi complessivi. Ovviamente l'oscillazione è effettiva solo se lungo l'anello vi è una amplificazione sufficientemente elevata. Il calcolo del guadagno di anello e l'imposizione della condizione di fase porta ad individuare la seguente frequenza di oscillazione:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

A questa frequenza, l'attenuazione prodotta dalla rete di reazione è B=1/29; l'amplificatore invertente deve presentare allora amplificazione A=29 per compensare l'attenuazione del blocco di reazione e fare in modo che alla frequenza di oscillazione sia AB=1; quindi, bisogna imporre:

Rf/R=29

Facciamo osservare che a causa della massa virtuale le tre celle RC sono identiche. Un oscillatore di questo tipo può essere impostato per frequenze di oscillazione comprese tra alcuni Hertz e qualche centinaio di kHz. In ogni caso appare ovvio come agendo su R e C, anche di una sola cella, sia possibile modificare la frequenza di oscillazione.
La tensione di uscita satura verso le alimentazioni. Questo comporta l'introduzione di una certa distorsione che può essere limitata introducendo una rete di retroazione a guadagno variabile. Se si vuol rendere le tre celle tutte indipendenti tra loro, in modo che una non carichi l'altra, è possibile interporre in ciascuna coppia di celle un buffer realizzato ancora una volta ad operazionale.

In ogni caso, la particolarità di questo oscillatore risiede tutta nella topologia circuitale tanto che è possibile inserire al posto dell'operazionale un amplificatore invertente a transistor se si vogliono ottenere frequenze di oscillazione superiori rispetto a quelle consentite dall'operazionale. Se l'amplificazione della parte attiva non è sufficiente l'oscillazione non si autoinnesca (**figura 4**) mentre se è troppo elevata si introduce con troppa facilità distorsione nella forma d'onda sinusoidale in uscita (**figura 5**).

OSCILLATORI A PONTE DI WIEN

L'oscillatore a ponte di Wien (**figura 6**) è un oscillatore di bassa frequenza molto diffuso. Da un punto di vista topologico si distingue un ramo di retroazione positiva che determina la frequenza di oscillazione ed uno di retroazione negativa che attraverso R_1 ed R_2 determina l'amplificazione $(1+R_2/R_1)$. La rete di retroazione positiva è una rete RC anticipo-ritardatrice del secondo ordine che produce uno sfasamento di circa +90° a frequenze molto basse e -90°, a frequenze molto alte. Lo sfasamento deve invece risultare nullo alla frequenza f_0.
Il segnale di uscita viene riportato sul morsetto non invertente attraverso la rete di retroazione. Poiché il passaggio dal morsetto non invertente all'uscita è senza sfasamento occorre che anche la retroazione dal segnale in uscita all'ingresso non invertente sia senza sfasamento. La condizione di Barkhausen porta allora ad ottenere le seguenti due relazioni: $R_2=2R_1$ ed $f_0=1/(2\pi RC)$. In realtà si imporrà R_2 leggermente maggiore in modo da avere un guadagno di anello leggermente maggiore di 1 alla f_0 di oscillazione.
L'oscillazione è inizialmente crescente, ma dopo un breve transitorio tende a stabilizzarsi. Ovviamente, sia la stabilità che la purezza spettrale sono caratteristiche importanti nel funzionamento dell'oscillatore. A tal proposito si fa osservare come variando i valori delle resistenze varia anche il maggiore o minore grado di distorsione della forma d'onda in uscita.
Osservazione. Se si cercasse di rispettare esattamente il criterio di Barkhausen sul modulo (AB=1) le variazioni parametriche finirebbero per far correre il rischio di vedere l'oscillazione smorzarsi nel tempo fino a scomparire (se T fosse leggermente inferiore ad uno) oppure di vedere l'oscillazione crescere continuamente (se T fosse leggermente maggiore di uno). In realtà ma mano che l'oscillazione cresce cominciano ad entrare in gioco effetti non lineari tanto ed il valore dell'oscillazione non supera mai quelli di saturazione. Nella pratica si fa allora in modo che AB sia maggiore di 1 di circa il 5% in modo da evitare che l'oscillazione possa non innescarsi ma allo stesso tempo in modo da evitare che un guadagno troppo elevato faccia crescere troppo velocemente il segnale accentuandone la distorsione.

LIMITAZIONE DELL'AMPIEZZA DELL'OSCILLAZIONE

In alcuni casi l'oscillatore può essere dotato di accorgimenti circuitali che tendono a limitare il guadagno lungo l'anello man mano che l'ampiezza dell'oscillazione cresce. In questo modo si tende ad evitare che la sinusoide in uscita vada pesantemente in saturazione generando distorsione. Il circuito di **figura 7** riporta il ponte di Wien con l'aggiunta di questo accorgimento. Quando l'ampiezza del segnale diventa particolarmente elevato entrano in conduzione i diodi i quali tendono a limitare il guadagno

elettroshop.com
brilliant online electronics since 1998

Utente anonimo... Login...
Il tuo carrello è vuoto

nuovo layout!

Home Page | Chi siamo | Listino/Info | Ordina | Download | Contatti | FA

CATEGORIE PRODOTTI

- Convertitori Serial-Ethernet
- Convertitori di Protocollo
- ZigBee
- Bluetooth
- 433 e 868 MHz
- Modem GSM/GPRS
- Interfacce USB e PCI
- CPU e moduli
- Componentistica varia
- Visualizzazione
- Sistemi di sviluppo HW/SW
- Programmatori
- CAE - CAD
- Strumentazione
- CD-ROM e pubblicazioni

RICERCA PRODOTTI
Vai
Ricerca avanzata

NEWSLETTER

Iscriviti alla nostra Newsletter (potrai sempre cancellarti in seguito)

Nome

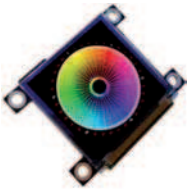
Email

Conferma

µOLED-96-G1

Modulo OLED 0,96" (risoluzione 96x64 65 K colori) con processore grafico embedded goldelox-GFX. Il modulo è stato progettato per funzionare sotto due differenti piattaforme software: comandi seriali o 4DGL (4D Graphics Language).

€ 39,00 Info



µOLED-128-G1

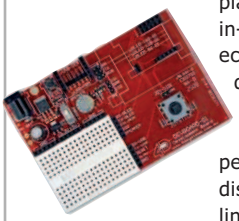
Modulo OLED 1,5" (risoluzione 128x128 65K colori) con processore grafico embedded goldelox-GFX. Il modulo è stato progettato per funzionare sotto due differenti piattaforme software: comandi seriali o 4DGL (4D Graphics Language).

€ 52,00 Info

µOLED-160-G1

Modulo OLED 1,7" (risoluzione 160x128 65K colori) con processore grafico embedded goldelox-GFX. Il modulo è stato progettato per funzionare sotto due differenti piattaforme software: comandi seriali o 4DGL (4D Graphics Language).

€ 63,00 Info



DEVBOARD-G1

piattaforma di sviluppo all-in-one compatta ed economica per i moduli display della serie µOLED-XXX-G1. Questa scheda è la piattaforma ideale per imparare e testare displays così come il linguaggio di programmazione 4DGL.

€ 39,00 Info

µOLED-32024-P1T

Modulo OLED 2,4" (risoluzione 240x320 65K colori) con processore grafico embedded PICASO-GFX. Fornisce funzionalità "stand-alone" a ogni progetto, grazie al linguaggio 4D Graphics Language (4DGL) integrato nel modulo.

€ 131,00 Info

µOLED-32028-P1T

Modulo OLED 2,83" (risoluzione 240x320 65K colori) con processore grafico embedded PICASO-GFX. Fornisce funzionalità "stand-alone" a ogni progetto, grazie al linguaggio 4D Graphics Language (4DGL) integrato nel modulo.

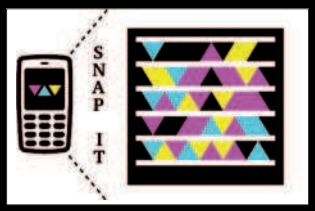
€ 151,00 Info

I prezzi si intendono IVA esclusa

i migliori moduli OLED

www.elettroshop.com

BUONO SCONTO DEL 10%!



Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi

CODICE MIP 2793133

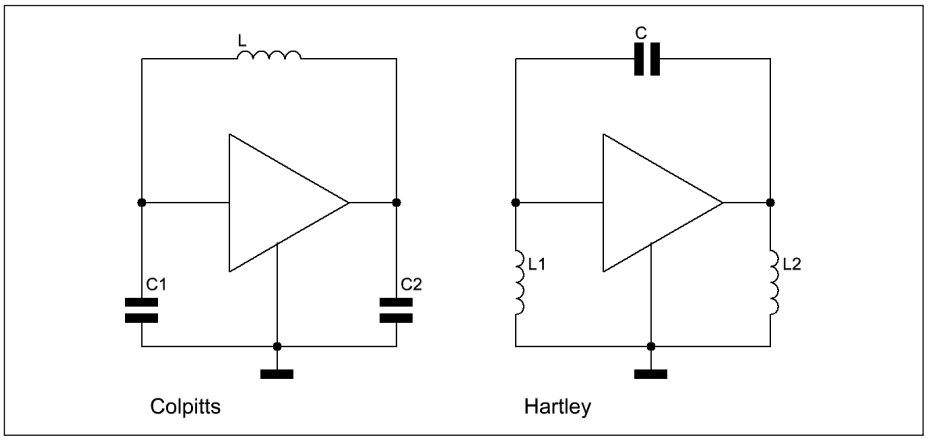


Figura 9: Schema generale di un oscillatore di Colpitts e di un oscillatore di Hartley

d'anello e quindi a limitare l'oscillazione.
È importante sottolineare che la frequenza di oscillazione che si può ottenere è influenzata dall'operazionale. Infatti più alta è la frequenza di oscillazione che si vuole ottenere e più veloce dovrà essere l'operazionale. Lo slew-rate dell'operazionale è quindi un parametro estremamente importante da tenere in considerazione.

OSCILLATORI DI ALTA FREQUENZA DI COLPITTS ED HARTLEY

Gli oscillatori di alta frequenza (tipicamente maggiore di 100kHz) non impiegano generalmente amplificatori operazionali ma dispositivi attivi discreti (BJT e FET). Molti di questi oscillatori appartengono alla categoria degli oscillatori cosiddetti a 3 punti schematizzabili come in **figura 8**.
L'amplificatore e la rete di reazione, tipicamente LC, presentano 3 punti in comune (ingresso, uscita e massa). Aprendo l'anello e tenendo conto della resistenza di ingresso dell'amplificatore si ottiene lo schema di **figura 8B**. Al posto del blocco A, conviene sostituire il suo circuito equivalente (**figura 8C**) per i calcoli. Se si suppone di utilizzare solo capacità ed induttanze pure, Z_1, Z_2 e Z_3 sono reattanze pure e ne consegue che per avere AB=1 lo sfasamento lungo l'anello di reazione deve essere nullo da cui consegue la relazione:

$X_1+X_2+X_3=0$

Vi sono pertanto due possibilità:
- due reattanze sono capacitive e l'altra induttiva (oscillatore di Colpitts);
- due reattanze sono induttive e l'altra capacitiva (oscillatore di Hartley).

La condizione $X_1+X_2+X_3$ determina l'unica frequenza alla quale l'oscillatore può oscillare; imponendo anche la condizione sul modulo, se l'amplificatore è invertente si ottengono le due topologie di oscillatore schematizzate in **figura 9**.
Per l'oscillatore di tipo Colpitts, la frequenza di oscillazione è data da:

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s}}$$

con

$$C_s = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

mentre negli oscillatori tipo Hartley è data da:

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL_s}}$$

con $L_s=L_1+L_2$.
Osserviamo che per l'oscillatore Colpitts realizzato con un amplificatore invertente, affinché sia verificata la condizione sul modulo, supponendo il guadagno del ramo diretto maggiore di uno, si ottiene la condizione $C_1>C_2$ mentre per un oscillatore Hartley si ottiene nelle stesse condizioni $L_2>L_1$.
Uno dei pregi di questi oscillatori sta in ogni caso nell'effetto filtrante del circuito risonante che rende abbastanza pura la sinusoide in uscita

GLI OSCILLATORI QUARZATI

Gli oscillatori quarzati sono topologicamente simili ai comuni oscillatori tuttavia prevedono l'impiego di un cristallo di quarzo come elemento risonante. La loro particolarità sta nello sfruttare la risonanza di un cristallo piezoelettrico per ottenere

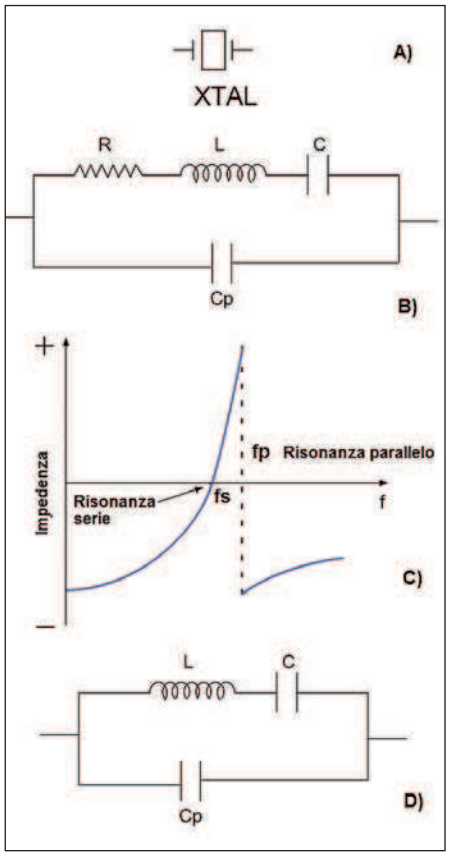


Figura 10: A)Simbolo circuitale di un quarzo; B) Circuito equivalente elettrico; D)Reattanza in funzione della frequenza; D) circuito equivalente semplificato

il segnale elettrico oscillante ad una data frequenza. Le applicazioni che motivano la realizzazione di questi circuiti sono molteplici, dalla necessità di ottenere un segnale di clock stabile per i circuiti integrati digitali alla necessità di ottenere un segnale portante nei trasmettitori e ricevitori radio, nei generatori di segnale o più semplicemente in comuni apparecchiature come negli orologi al quarzo. Rispetto ad oscillatori che non impieghino un cristallo di quarzo, gli oscillatori quarzati presentano elevata stabilità in frequenza.
Del resto se vogliamo ottenere un'elevata stabilità di frequenza, dobbiamo impiegare reti di reazione molto selettive; per questo motivo, gli oscillatori ad alta frequenza fanno molto uso di reti LC che garantiscono una buona selettività. La selettività delle reti LC tuttavia, non va oltre un certo limite per cui se si vuole ottenere selettività veramente elevata è necessario impiegare i cristalli di quarzo.
La frequenza di oscillazione dei quarzi commerciali va dal centinaio di kHz a 30 MHz; cristalli di frequenza più elevata

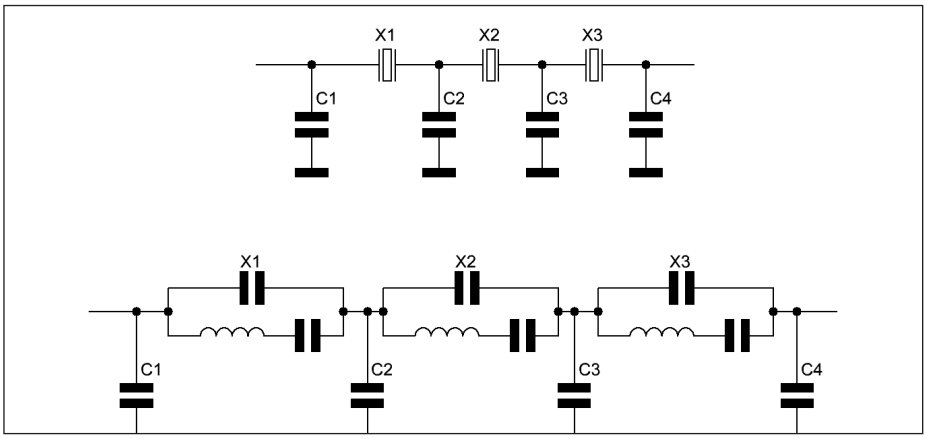


Figura 11: Esempio di filtro passa banda ottenuto mediante impiego di quarzi e circuito elettrico equivalente

dovrebbero avere uno spessore molto piccolo e ciò li renderebbe molto fragili. Gli oscillatori quarzati che lavorano a frequenze superiori ai 30MHz utilizzano quindi cristalli accordati su una frequenza overtone (3a, la 5a, la 7a e la 9a) consentendo di arrivare a frequenze di oscillazione anche di 200MHz.
Il quarzo viene fatto lavorare nella zona di frequenza compresa tra le due risonanze (zona induttiva); questo consente di sostituire all'interno dei circuiti oscillatori il cristallo al posto delle bobine. Lavorando il cristallo nella zona induttiva, la sua reattanza varia bruscamente con la frequenza e, con essa lo sfasamento che il quarzo produce; da ciò discende che il cristallo riesce a compensare grandi variazioni di fase con variazioni minime di frequenza di oscillazione. Visto in altri termini questo significa che il quarzo conferisce al circuito oscillatore una grande stabilità di frequenza.

UN PO' DI STORIA

I cristalli di quarzo utilizzati negli oscillatori elettronici basano il loro funzionamento sull'effetto piezoelettrico scoperta da Jacques e Pierre Curie nel 1880. Ben presto i ricercatori intuirono che questa proprietà sarebbe potuta essere sfruttata in molte applicazioni tecniche tanto che Paul Langevin durante la Prima Guerra Mondiale studiò l'utilizzo dei risuonatori al quarzo nei sonar. Il primo oscillatore elettronico controllato da un cristallo, in particolare da un sale di Rochelle, fu costruito nel 1917 e brevettato nel 1918 da Alexander M. Nicholson dei Bell Laboratories. Walter Guyton Cady costruì il primo oscillatore al quarzo nel 1921 ma altri studiosi si occuparono quasi contemporaneamente delle proprietà dei quarzi tra cui G. W. Pierce e Louis Essen. Come abbiamo già detto, per ottenere un segnale oscillante ad una data frequenza non bisogna necessariamente utilizzare un quarzo, tuttavia quest'ultimo presenta l'importante proprietà di conferire all'oscillatore alta stabilità in frequenza. Per questo fondamentale motivo, a partire dagli anni '20 gli oscillatori al quarzo divennero particolarmente utili ed impiegati per controllare la frequenza delle stazioni radio broadcasting e diventarono di conseguenza molto noti tra i radioamatori. Alcune ditte cominciarono in questo periodo a produrre cristalli di quarzo, sebbene abbastanza primitivi: Il periodo storico e la guerra in corso diedero particolare impulso alle tecniche radio rendendo questo piccolo dispositivo elettronico molto importante. Oggi, sebbene il materiale scelto per gli oscillatori sia generalmente il quarzo, stanno diventando sempre più comuni risonatori che usano anche altri materiali piezoelettrici tipicamente di natura ceramica.

ASPETTI FISICI: LA PIEZOELETTRICITÀ

Un cristallo è un solido in cui gli atomi, le molecole o gli ioni che lo costituiscono sono disposti in un ordine che si ripete regolarmente nelle tre le dimensioni spaziali. Un cristallo di quarzo tuttavia presenta una proprietà del tutto particolare che non è propria di qualunque cristallo: la piezoelettricità. Se sulle facce opposte di un cristallo piezoelettrico come il quarzo vengono applicati due elettrodi piani ed a questi viene applicata una differenza di potenziale, le cariche legate al cristallo sono soggette a forze di natura elettrostatica. Da questa sollecitazione nasce una deformazione del cristallo stesso tanto che se questo è sollecitato elettricamente in maniera opportuna può vibrare meccanicamente.
In conclusione, un cristallo piezoelettrico subisce deformazioni meccaniche se sottoposto ad un campo elettrico e, viceversa, genera un campo elettrico se sottoposto a deformazioni meccaniche. Il quarzo è probabilmente il più comune tra questi cristalli ma non l'unico; altri cristalli, come alcune ceramiche, godono di tali proprietà. Essi possono esser visti per questo motivo, in primo luogo come elementi trasduttori di segnali meccanici in segnali elettrici e viceversa, da cui la vasta applicazione in campo sensoristico. Si tratta in ogni caso di una proprietà usata in molte applicazioni anche differenti da quella degli oscillatori (microfoni piezoelettrici, accendigas piezoelettrici, trasduttori piezoelettrici, altoparlanti piezoelettrici, buzzer o cicalini piezoelettrici). In realtà affinché un cristallo piezoelettrico sia sfruttato nei circuiti risonanti è necessario che sia tagliato in lamine parallele a determinati assi cristallografici e inserito fra due elettrodi. Il tutto costituisce un sistema elettromeccanico la cui frequenza di risonanza f è legata allo spessore d. Come dicevamo, un quarzo da solo non può generare un segnale oscillatorio, né è sufficiente porre un quarzo in un circuito perché questo oscilli. Per ottenere un oscillatore al quarzo occorre infatti inserire il cristallo stesso in un opportuno circuito reazionato positivamente. Solo in questo modo si può pensare di farlo risonare. Essendo il fattore di qualità Q del quarzo, cioè il rapporto fra la sua parte reattiva e quella resistiva dell'ordine di 10^6, la frequenza di oscillazione del circuito risulta quasi del tutto indipendente dalle altre reattanze presenti nel circuito stesso è coincide con quella di risonanza del quarzo. Questo è uno dei principali pregi che un circuito oscillatore quarzato possiede dato che esso tende a diventare insensibile alle variazioni parametriche degli altri componenti elettronici. La frequenza di risonanza risulta tanto maggiore quanto minori sono le dimensioni del cristallo.
Un cristallo di quarzo da un punto di vista elettrico può esser visto in maniera del tut-

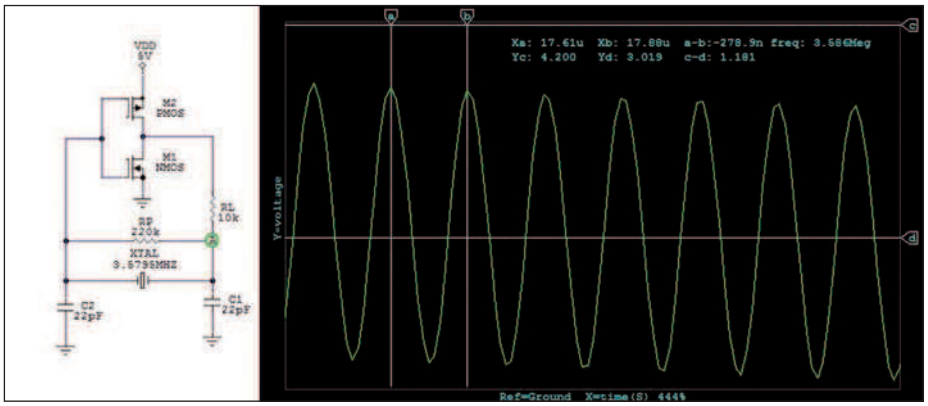


Figura 12: Oscillatore a tre punti quarzato di Pierce. Si noti il valore della frequenza di oscillazione fissata dal quarzo e l'assenza di distorsione

to equivalente ad un circuito RLC, con una frequenza di risonanza molto precisa e stabile nel tempo (variazioni nell'ordine di poche parti per milione all'anno).
Tra i materiali piezoelettrici ricordiamo il quarzo, i Sali di Rochelle, alcuni materiali ceramici come il niobato di sodio e potassio e il titanato di bario.
Il quarzo risulta quello maggiormente usato, presenta struttura prismatica trapezoedica trigonale a simmetria ternaria terminante con due romboedri. I Sali di Rochelle invece sono di scarso interesse a causa della notevole fragilità e della notevole sensibilità ad umidità e temperatura. I materiali ceramici invece presentano il vantaggio di essere duri, chimicamente inerti e di poter essere realizzati facilmente per stampaggio nella forma e dimensione voluta. L'alto Q consente l'elevata stabilità della frequenza di oscillazione. Il limite alle basse frequenze è dovuto alle eccessive dimensioni che la piastrina dovrebbe possedere. Alle alte frequenze invece la piastrina diventa eccessivamente sottile e quindi fragile. Per esempio, un quarzo a f=15MHz è caratterizzato da uno spessore dell'ordine del decimo di millimetro. Per questo motivo quando si necessita di frequenze di molte decine di MHz fino ad alcune centinaia di MHz si preferisce sfruttare i cosiddetti modi overtones corrispondenti a frequenze multiple della fondamentale.

CIRCUITO ELETTRICO EQUIVALENTE DI UN QUARZO: RISONANZA SERIE E RISONANZA PARALLELO

Senza entrare troppo nello specifico, è possibile affermare che un quarzo si comporta elettricamente come un circuito composto da un induttore, un condensatore e un resistore, cioè come un circuito RLC (**figura 10**) con una sua precisa frequenza di risonanza. Fisicamente vi sono alcune caratteristiche che consentono al quarzo di assumere una determinata frequenza di risonanza ed anche condizioni ambientali come la temperatura presentano una certa influenza sebbene molto ridotta. In condizioni particolari ed in applicazioni particolarmente gravose l'oscillatore al quarzo può anche essere inserito in un contenitore controllato in temperatura (crystal oven) o montato su una ammortizzatore per prevenire vibrazioni meccaniche provenienti dall'esterno. I cristalli di quarzo sono generalmente tagliati nella forma rettangolare ma per applicazioni che non necessitano di una temporizzazione estremamente precisa è anche possibile utilizzare risonatori ceramici che risultano di più basso costo.
Il cristallo viene normalmente tagliato in maniera tale da per ottenere una specifica frequenza di risonanza.
Il limite pratico per un risonatore a cristallo "semplice" è intorno ai 30 MHz (corrispondente al minimo spessore di quarzo che è possibile ottenere).
Per raggiungere frequenze più elevate, è possibile far risuonare il quarzo ad uno dei suoi modi più elevati, a frequenze multiple (armoniche) di quella di risonanza fondamentale, tuttavia il circuito in cui è inserito il cristallo di quarzo deve anche contenere un opportuno circuito LC che faccia da filtro consentendo di selezionare l'armonica superiore desiderata.
I parametri L, R, C del circuito equivalente di un quarzo dipendono dalle caratteristiche meccaniche del cristallo, mentre Cp rappresenta la capacità fra gli elettrodi applicati al cristallo e risulta di valore molto più elevato di C. Più precisamente, C tiene conto dell'elasticità del cristallo, dello spessore, della forma e dell'area degli elettrodi mentre L tiene conto della massa del cristallo. R rappresenta invece la perdita di energia all'interno del cristallo; il suo valore varia dalla decina di ohm, per cristalli di frequenza intorno a 20MHz, ai 200kΩ nei cristalli di frequenza 1kHz. A frequenze molto basse, nella serie C-L prevale la reattanza capacitiva ed il cristallo, si comporta complessivamente come una reattanza capacitiva tanto più elevata quanto più piccola è la frequenza. All'aumentare della frequenza, la reattanza di L aumenta mentre quella di C diminuisce fino ad incontrare un valore di frequenza che annulla la reattanza complessiva (risonanza serie). Aumentando ulteriormente la frequenza, nella serie L-C prevale la reattanza induttiva e ad una certa frequenza il ramo C-L entra in risonanza parallelo con la capacità di shunt Cp (frequenza di risonanza parallelo). Come è semplice dimostrare, il circuito presenta due frequenze di risonanza, una serie e una parallelo. La risonanza serie è espressa da:

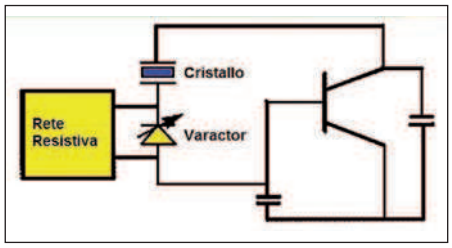


Figura 13: Schematizzazione di un circuito oscillatore a tre punti quarzato con quarzo TCOX (compensazione termica)

$$\omega_s = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

mentre quella parallelo da:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{L}\left(\frac{1}{C}+\frac{1}{C_p}\right)} = \frac{1}{\sqrt{L\frac{C_p}{(C+C_p)}C}}$$

Da queste due relazioni si può notare che $\mathbf{w_s<w_p}$.
I dati tipici di una lamina di quarzo, opportunamente tagliata ed avente una lunghezza di 27,5 mm, larghezza di 33,3 mm e spessore di 6,36 mm, per esempio

Figura 14: Esempi di quarzi compensati termicamente (TCOX)

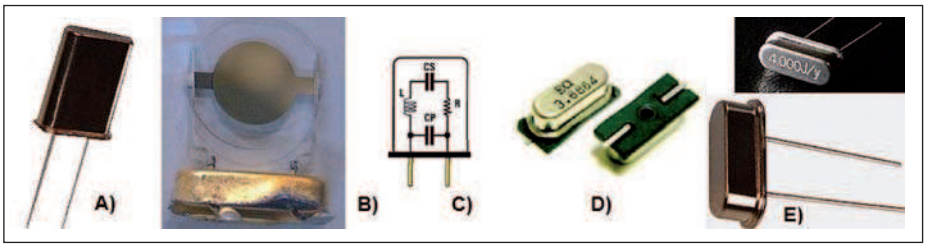


Figura 15: A)Cristallo di quarzo in package HC-49; B) quarzo contenuto all'interno; C)Circuito equivalente elettrico; D) quarzi SMD a basso profilo; E) Quarzi comuni a basso profilo

possono essere: L = 3,3 H; C_1 = 0,042 pF; C_2 = 5,8 pF; Q = 23000. Le pulsazioni di risonanza risultano quindi $\mathbf{w_s}$ = 2,687x10^6 rad/sec ed $\mathbf{w_p}$ = 2,696x10^6 rad/sec

In generale, il segnale generato da un oscillatore al quarzo è una sinusoide pura; per ottenere un generatore di onda quadra di clock, il segnale può essere squadrato mediante circuiti per esempio a porte logiche. La pulsazione di risonanza serie corrisponde ad impedenza nulla, mentre quella di risonanza parallelo corrisponde ad impedenza infinita. Essendo Cp>>C segue che le due risonanze sono estremamente vicine tra loro (**figura 10**). Se si pone il cristallo in un oscillatore accordato LC al posto dell'induttanza (si pensi all'oscillatore di Colpitts) il circuito oscilla ad una frequenza compresa tra le due frequenze di risonanza. Queste ultime non dipendono dal resto del circuito ma solo dalle caratteristiche del cristallo e questo conferisce all'oscillatore una notevole stabilità in frequenza. Al cristallo di quarzo devono essere saldati i due conduttori (reofori); la metallizzazione è all'origine alla capacità Cp che compare nel circuito equivalente. La resistenza di perdita Rs rappresenta invece le perdite di potenza (estremamente contenute) che si manifestano nel cristallo.

OSSERVAZIONE: Generalmente si è portati a pensare ad un quarzo come a qualcosa che serve per generare un segnale oscillatorio. Utilizzando circuiti risonanti che impiegano quarzi è invece (si pensi sempre all'equivalente elettrico) possibile realizzare anche dei filtri passabanda (**figura 11**).

Inoltre si noti come ponendo un condensatore C_L (C Load) in serie al quarzo la frequenza di risonanza serie si sposti verso l'alto di qualche kHz. Questa capacità infatti è vista in serie, quindi la capacità totale diminuisce e la frequenza di risonanza aumenta. L'influenza sulla risonanza parallela, invece, è trascurabile. Una capacità in parallelo invece abbassa la frequenza di risonanza parallela. Mediamente si possono avere delle variazioni di qualche kHz e per mantenere un certo grado di stabilità non è opportuno usare capacità in serie minori di 10 pF e maggiori di 1000 pF

OSCILLATORE DI PIERCE

Si tratta di un oscillatore topologicamente di Colpitts ma con un quarzo al posto dell'induttanza (**figura 12**). L'inverter è un amplificatore in classe AB che produce uno sfasamento di 180° mentre la rete composta dal cristallo, R_1, C_1 e C_2 produce ulteriori 180° di sfasamento per complessivi 360°. Questo soddisfa la prima delle condizioni richieste per l'oscillazione. La seconda affinché l'oscillazione abbia origine e si autosostenga è che il guadagno di anello sia pari ad 1.

La resistenza R_f (tipicamente compreso tra 500kohm e 2 MΩ) produce un feedback negativo ed impone il punto di lavoro intorno a metà alimentazione. Ciascun transistor fa da carico per l'altro dando origine all'elevato guadagno. Il circuito risuona alla frequenza di risonanza definita dal parallelo tra la L del cristallo in serie con la sua C e la capacità $C'+[C_1C_2/(C_1+C_2)]$. Essendo come abbiamo visto a proposito dei cristalli C<<Cp si conclude che:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

La relazione esatta può essere anche ottenuta studiando l'oscillatore come un oscillatore a tre punti imponendo, come si fa per questi ultimi, la relazione $X_1+X_2+X_3=0$. Si perviene in ogni caso alla stessa conclusione.

STABILITÀ, INVECCHIAMENTO, EFFETTI TERMICI ED OSCILLATORI TCXO

La frequenza di oscillazione di un cristallo di quarzo dipende dalla forma e dal taglio con cui è fabbricato. Se il cristallo è tagliato in modo che la caratterista frequenza-temperatura sia una curva parabolica centrata intorno ai 25 °C un oscillatore che lo impieghi risuonerà alla frequenza specificata se la temperatura ambiente è pari a questo valore di riferimento mentre oscillerà più lentamente sia a temperature più alte che più basse. È interessante allora considerare quali siano i valori di variazione della frequenza di risonanza in funzione della temperatura. Valori intorno –0.04 ppm/°C rispetto alla temperatura di riferimento possono essere considerati tipici. Questo è sufficiente a comprendere come sebbene la dipendenza dalla temperatura esista, in realtà per molte applicazioni può essere considerata relativamente contenuta o addirittura del tutto trascurabile.Nonostante ciò, esistono quarzi particolari detti TCXO (Temperature Compensated Crystal Oscillator) che integrano una regolazione della frequenza in funzione della temperature in modo da compensarne gli effetti.

Un oscillatore termocompensato o TCXO (**figura 15**) è quindi un particolare tipo di oscillatore al quarzo nel quale le variazioni di temperatura sono compensate per mezzo di un elemento che ha una dipendenza dalla temperatura di segno opposto. Molto spesso per questo effetto si usa un diodo varactor in serie al cristallo. Una rete resistiva sensibile alla temperatura determina una variazione di tensione sul varactor cui consegue un comportamento elettrico che bilancia la variazione sul cristallo (**figura 13**).

I MULTIVIBRATORI

In generale è necessario fare distinzione tra oscillatori sinusoidali realizzati come amplificatori in retroazione positiva e circuiti multivibratori (in questo secondo caso si parla spesso in modo improprio di

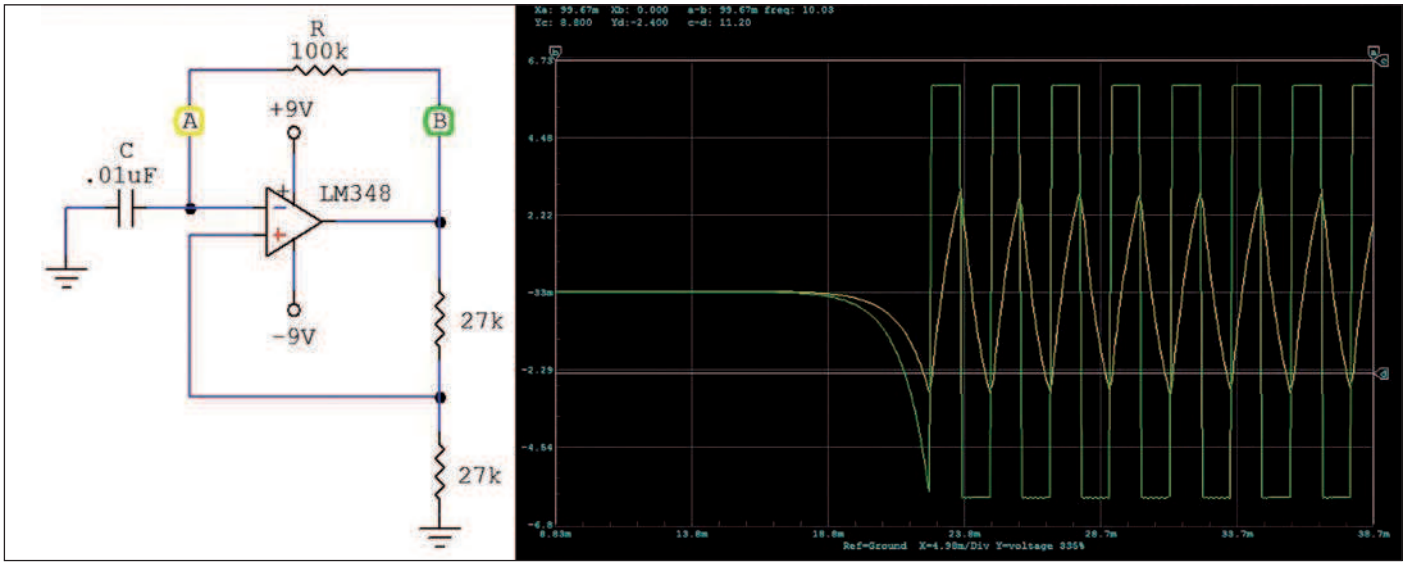


Figura 16: Opamp clock e relativa forma d'onda in uscita

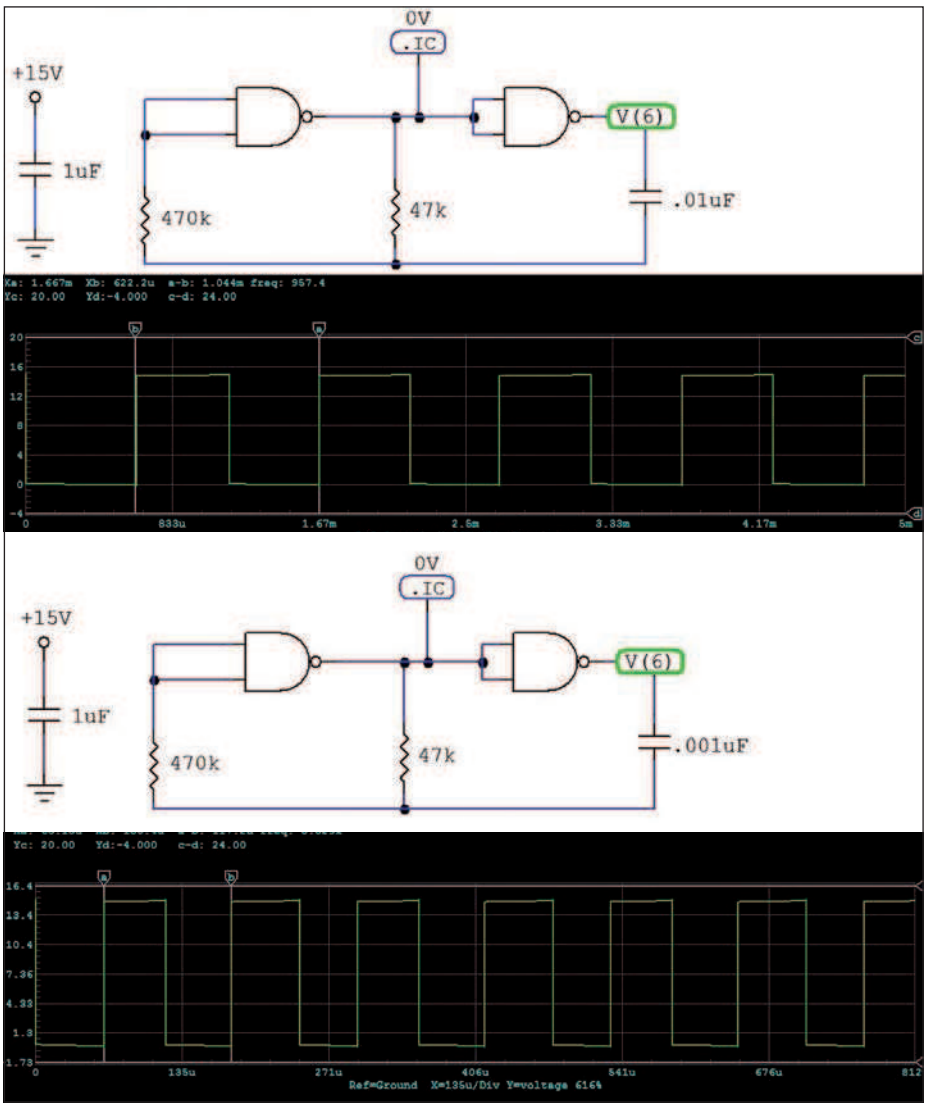


Figura 17: Esempio di multivibratore astabile a porte logiche (Si noti la dipendenza della frequenza di oscillazione dai valori delle capacità e delle resistenze del circuito)

oscillatori non lineari). Questi ultimi si dividono in bistabili, monostabili ed astabili. Quelli bistabili presentano due stati stabili. È possibile passare da uno stato all'altro grazie ad un impulso di trigger. La stessa cosa accade per i monoistabili con la differenza che in questo caso vi è un solo stato stabile. I multivibratori astabili invece non presentano alcuno stato stabile e quindi oscillano continuamente ed autonomamente tra i due stati senza necessitare di alcun ingresso di trigger. Consentono pertanto di realizzare onde quadre, triangolari o rettangolari e spesso, come vedremo con un esempio, si basano sul Trigger di Shmitt. L'intervallo di tempo durante il quale il circuito rimane in un certo stato dipende dai valori dei componenti elettrici che lo compongono.

In **figura 16** è riportato un esempio di circuito di questo tipo noto come Opamp Clock. Se le due resistenze sul ramo di retroazione positiva sono uguali e l'opamp viene considerato ideale, a causa della reazione negativa esso sarà in ogni istante o nella condizione di saturazione positiva o in quella di saturazione negativa. Se l'uscita in un certo istante è Vcc la rete RC fa caricare il condensatore. Quando la carica supera Vcc/2, l'opamp comportandosi da comparatore farà scattare la saturazione in uscita a –Vee, a questo punto il condensatore comincerà a caricarsi in verso opposto e così via. Di conseguenza in uscita si ottiene un'onda quadra. Se si scrivono analiticamente le relazioni di carica e scarica del condensatore, suppo-

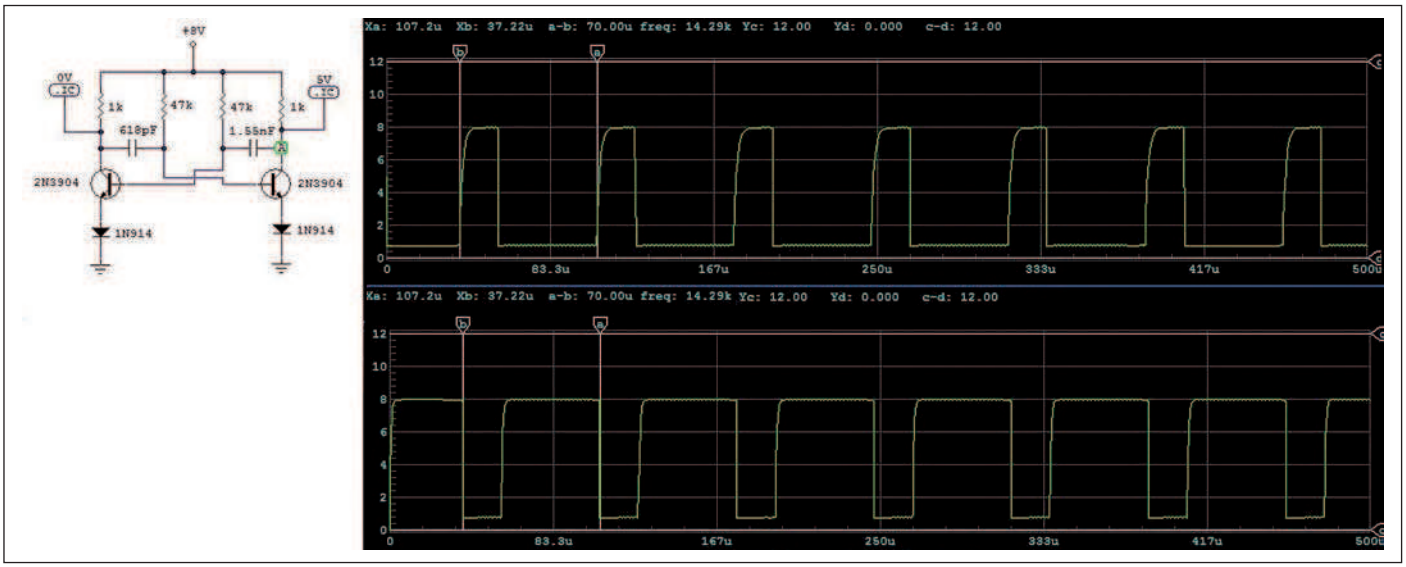


Figura 18: Esempio di multivibratore astabile a BJT (si noti la dipendenza della frequenza di oscillazione dai valori delle capacità e delle resistenze del circuito; a dissimmetria circuitale corrisponde dissimmetria delle forme d'onda sulle due uscite del circuito)

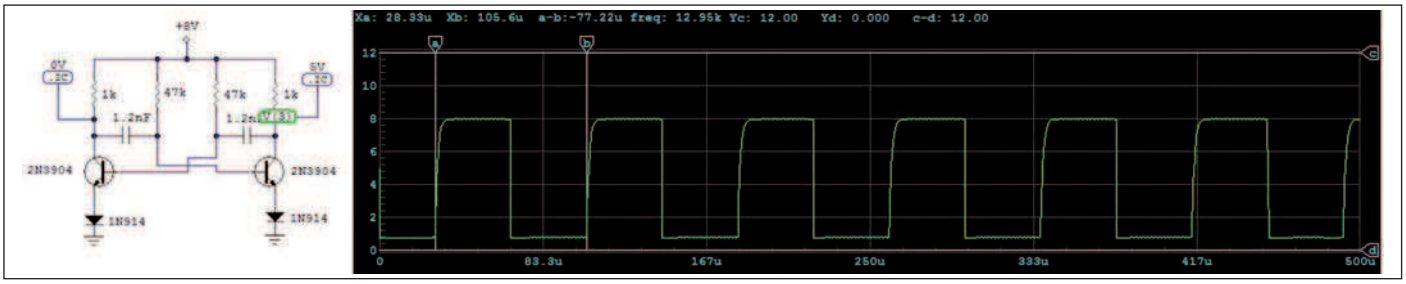


Figura 19: Esempio di multivibratore astabile a BJT (si noti la dipendenza della frequenza di oscillazione dai valori delle capacità e delle resistenze del circuito; a simmetria circuitale corrisponde simmetria delle forme d'onda sulle due uscite del circuito)

PER *approfondire...*

[1] Manuale di elettronica e telecomunicazioni (Cap. IX –Tecnologie elettroniche-Materiali piezoelettrici; Cap XI – Oscillatori; Cap. XIII-Multivibratori)
[2] Oscillatore Termocompensato (TCXO)(http://it.wikipedia.org)
[3] Orologio al quarzo(http://it.wikipedia.org)
[4] Oscillatore al cristallo(http://it.wikipedia.org)
[5] Microelettronica (J. Millman e A.Grabel-McGraw Hill editore) -Cap. 15 – "Generazione ed elaborazione di forme d'onda"
[6] Datasheet di quarzi vari da www.vectron.com
[7] Datasheet di quarzi vari da www.euroquartz.co.uk

nendo sempre uguali le due resistenze, si giunge alla seguente conclusione:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{RC\ln 3}$$

Il periodo di oscillazione può anche essere controllato in maniera estremamente preciso attraverso l'impiego di un quarzo. Al posto degli amplificatori, diversamente da quanto accade negli oscillatori sinusoidali ,possono essere utilizzate porte logiche (**figura 17**) o transistor (**figura 18**).

CONCLUSIONI

L'argomento della generazione delle forme d'onda sia mediante oscillatori lineari che multivibratori, quarzati o non quarzati è estremamente vasto e certamente non può essere trattato in maniera esaustiva in poche pagine. In ogni caso, quanto contenuto in questo articolo può essere visto come una sintetica trattazione dell'argomento utile a comprendere i principi su cui si basano questi circuiti al di là degli aspetti analitici. Tanto la trattazione della teoria della stabilità dei circuiti reazionati, quanto, in parte, le dimostrazioni analitiche delle relazioni matematiche presentate in più parti dell'articolo, sono state per questo volutamente trascurate. In ogni caso, si sono evidenziati i principi che sono alla base del funzionamento di questi circuiti e come l'impiego di cristalli di quarzo possa consentire la realizzazione di oscillatori estremamente stabili. I circuiti presentati come esempio sono solo alcuni dei tanti possibili. Molti altri più o meno simili sono noti in letteratura, tuttavia ciò non cambia i principi generali qui esposti su cui si basa il loro funzionamento. ❑

CODICE MIP 2772539

di GIOVANNI DI MARIA

POKEYS 55T

(terza parte)

Approfondiamo ulteriormente l'operatività del PoKeys, studiandone altri aspetti funzionali presenti nei sistemi più sofisticati.

Nella precedente abbiamo esaminato la sua operatività osservando le potenzialità e le funzionalità, studiando l'interfaccia GUI in modalità operativa. Adesso completiamo la visione d'insieme dell'interfaccia GUI e delle sue ulteriori caratteristiche

GENERAZIONE DEL PWM

Il PoKeys può generare fino a 6 segnali PWM (pulse width modulation) ad alta velocità. Ognuna di essi può essere gestito autonomamente, decidendone la velocità ed il duty cycle. Il modulo PWM funziona a 12 Mhz e permette fronti di salita e discesa molto ripidi.

Le porte per il PWM

Il PoKeys mette a disposizione ben 6 porte per la generazione del segnale PWM. Le porte dedicate sono la 17, 18, 19, 20, 21 e 22. Di ogni segnale l'utente può decidere il periodo, in secondi, millisecondi, microsecondi e nanosecondi (s, ms, us, ns) ed il relativo duty cycle (da 0% al 100%).

Per accedere alla finestra del PWM, occorre accedere al menù Peripherals alla voce PWM outputs (o più semplicemente premere il tasto F6). Dopo aver impostato i valori occorre premere il pulsante "Set values".

DISPLAY LCD BASATO SU HD44780

Il PoKeys può gestire agevolmente tutti i display LCD basati su codifica HD44780 o similari. Essi si presentano in vari modelli, dotati di 1, 2 o 4 linee con 8, 16 o 20 caratteri per linea. Per seguire lo standard di collegamento è consigliabile seguire il collegamento proposto in **tabella 1**.

Tutte le operazioni sopportate dal display possono essere eseguite da script oppure da software appositamente scritti. Tali operazioni comprendono quelle di inizializzazione, cancellazione, movimento del cursore, configurazione del display e visualizzazione dei dati.

L'interfaccia può essere testata accedendo al menù Peripherals alla voce LCD Test, oppure premendo il tasto F3.

Il pannello di comando del display LCD permette la piena configurazione nonché qualsiasi tipo di operazione e test sul componente. Per la prova di un display è necessario intervenire sulle seguenti voce del pannello:

- LCD Setting: Attraverso questa sezione si può specificare il numero di righe e colonne. È possibile altresì abilitare e disabilitare il supporto. Il bus dati può essere scelto tra primario e secondario.

- LCD Operations: Un modulo LCD, per essere utilizzato, deve essere prima inizializzato. Con il pulsante "Initialize LCD" tale operazione viene eseguita, mentre con il pulsante "Clear LCD" esso viene total-

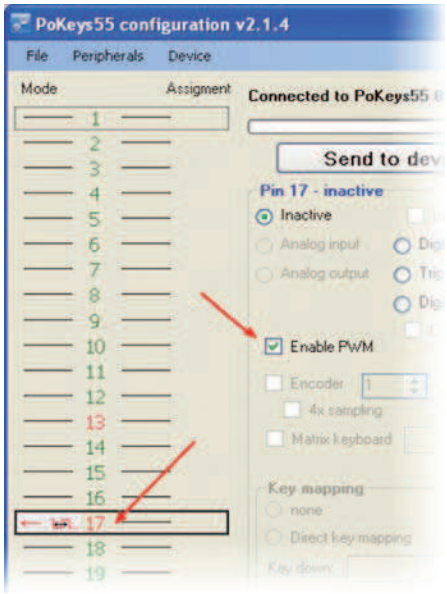


Figura 1: Una porta impostata come generatore PWM

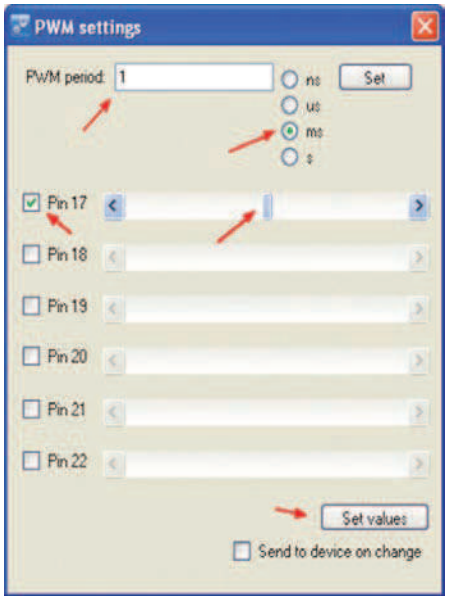


Figura 2: Impostazione dei parametri di PWM

Tabella 1: Collegamenti Pokeys / Display

PIN	SIMBOLO	FUNZIONE	PIN POKEYS
1	Vss	Massa	GND
2	Vdd	Alimentazione positiva 5V	5V
3	Vo	Regolazione contrasto	Potenziometro tra GND e VDD oppure PWM
4	RS	Istruzione/Dato	Pin 29
5	R/W	Lettura/Scrittura	Pin 28
6	E	Abilitazione	Pin 30
7	DB0	Bit 0 dato	Non connesso
8	DB1	Bit 1 dato	Non connesso
9	DB2	Bit 2 dato	Non connesso
10	DB3	Bit 3 dato	Non connesso
11	DB4	Bit 4 dato	Pin 26 (oppure 34)
12	DB5	Bit 5 dato	Pin 25 (oppure 33)
13	DB6	Bit 6 dato	Pin 24 (oppure 32)
14	DB7	Bit 7 dato	Pin 23 (oppure 31)

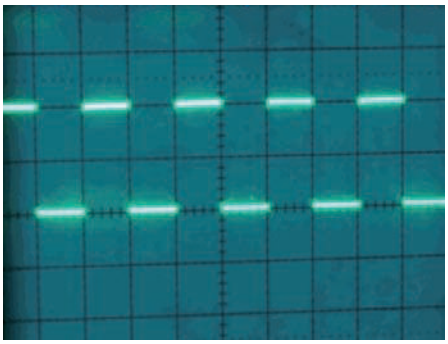


Figura 3: Segnale PWM 1ms 50% generato

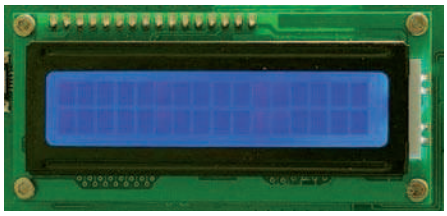


Figura 4: Display LCD collegabile al PoKeys

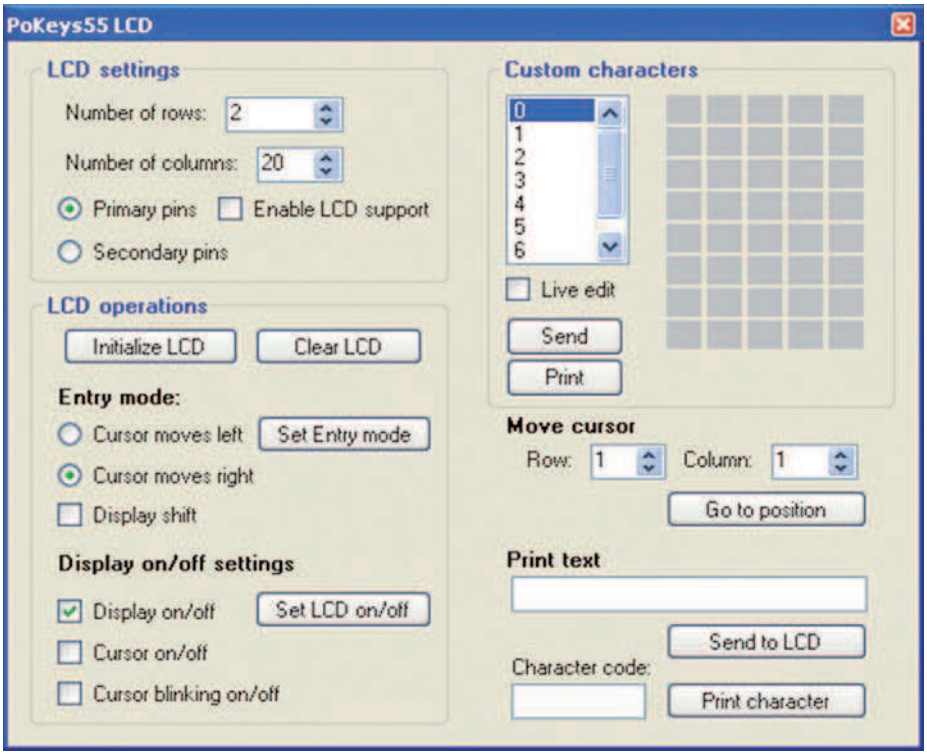


Figura 5: Pannello di comando per gestire un display LCD

mente cancellato ed il cursore posizionato in alto a sinistra (home). Può essere anche selezionato il modo operativo del display, del cursore e del lampeggio dei caratteri.

• Custom characters: L'utente può facilmente disegnare i propri caratteri e simboli da inviare al display, utilizzando l'apposita griglia. è possibile personalizzare fino a 8 caratteri. Abilitando la voce "Live Edit" le modifiche saranno attivate in tempo reale sul display, ad ogni cambiamento di un singolo pixel.

• Move cursor: Con questa voce l'utente può muovere il cursore in qualsiasi posizione del display.

• Print text: Infine è sufficiente digitare qualsiasi stringa di caratteri e premere il tasto "Send to LCD" per farla apparire sul display. È anche possibile digitare il codice ASCII dei caratteri speciali per visualizzarli allo stesso modo.

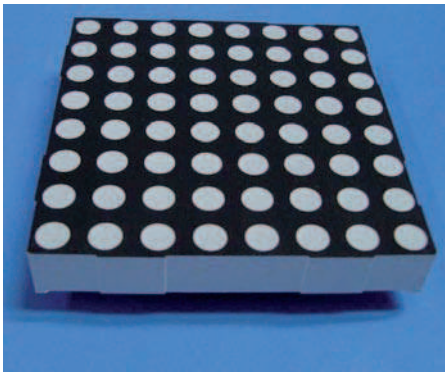


Figura 6: Display Led a matrice collegabile al PoKeys

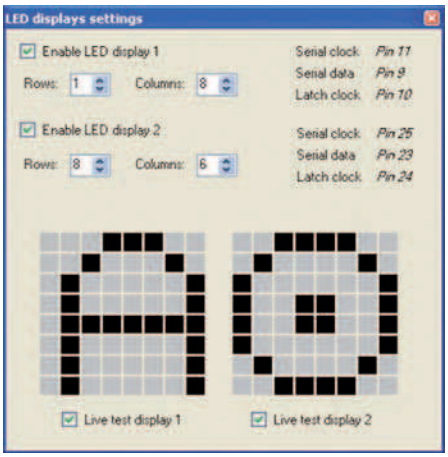


Figura 8: Il pannello di controllo per testare i display a matrice di LED

Figura 9: Le porte del PoKeys riservate ai display a matrice di LED

Figura 10: Assegnazione di un ID al dispositivo

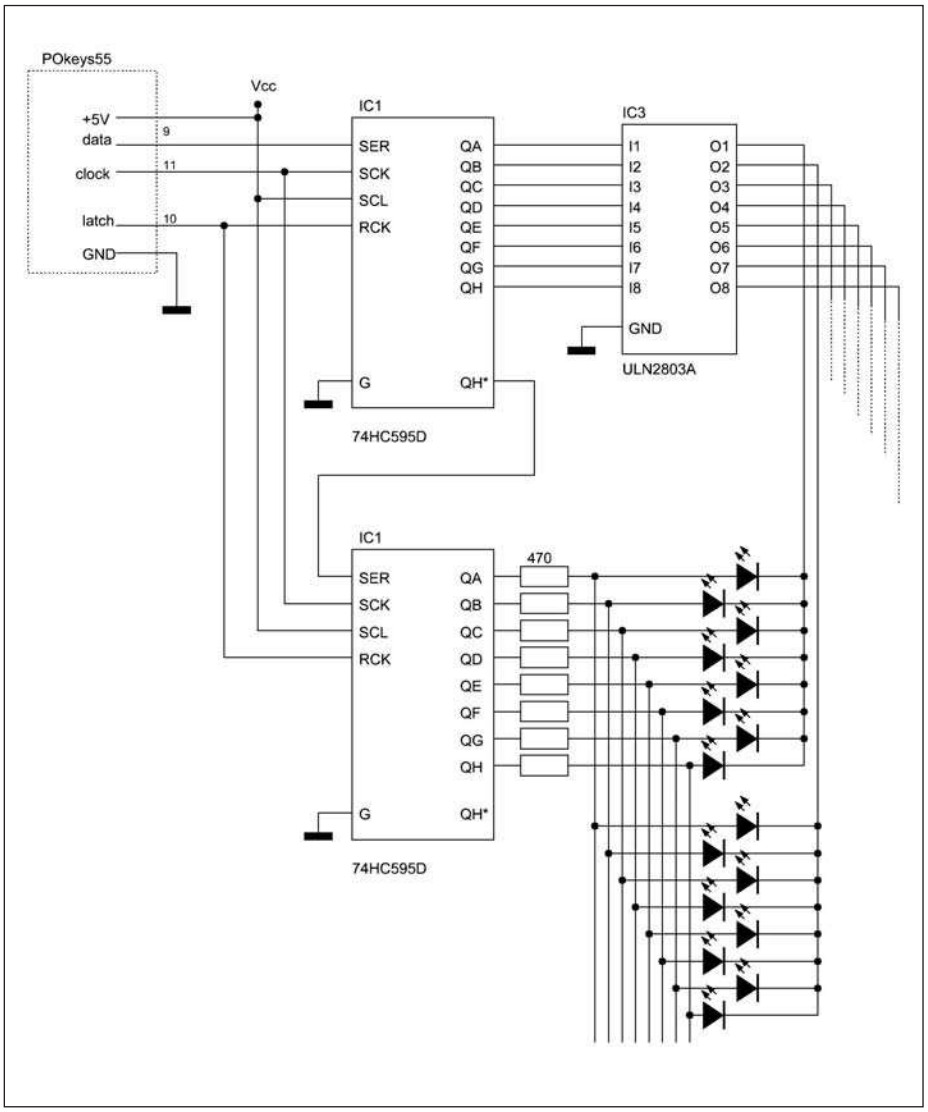


Figura 7: Circuito di "deserializzazione" per il display a matrice di LED

DISPLAY LED A MATRICE

Il PoKeys può gestire agevolmente fino a 2 display LED a matrice. È però necessario usare un circuito a parte per decodificare i dati, affinché il refresh del display si realizzi. Il PoKeys utilizza i pin 9, 10 e 11 per il display 1 e i pin 23, 24 e 25 per il display 2, come mostrato in **tabella 2.**

Tabella 2: Le porte del PoKeys per la matrice a Led

FUNZIONE	PIN PER DISPLAY 1	PIN PER DISPLAY 2
Data	9	23
Latch	10	24
Clock	11	25

Per programmare i display a matrice di Led, occorre accedere al menù "Peripherals" alla voce "LED displays". Si accede così ad un pannello che permette di disegnare e abilitare i singoli punti delle matrici. È possibile accendere e spegnere la singola cella cliccandovi sopra rispettivamente col tasto sinistro o destro.Modificare l'ID del PoKeys. Si è detto in precedenza che sul canale USB possono essere collegati molti dispositivi PoKeys. L'utente può assegnare arbitrariamente qualsiasi ID ai dispositivi, purché univoci. Questo servirà per la loro distinzione. Per modificare l'ID occorre accedere al menù "Device" alla voce "Change User ID". È possibile assegnare qualsiasi numero compreso tra 0 e 255. ❑

CODICE MIP

POSCOPE BASIC

Uno strumento indispensabile

a soli €109.00+iva

6 STRUMENTI IN 1!

1. Oscilloscopio 2 canali
2. Analizzatore di spettro 2 canali
3. Registratore 2 canali
4. Analizzatore logico 16 canali
5. Generatore logico 8 canali
6. Generatore di segnali PWM a 5 canali

OSCILLOSCOPIO ED ANALIZZATORE DI SPETTRO

Numero canali: 2
Frequenza di campionamento: 100 Hz ÷ 200 KHz
Memoria:
- Buffer di lettura: 1126 campioni/canale (1 canale), 563 campioni/canale (2 canali).
- Pipe di lettura: 64K campioni/canale (1 o 2 canali).

Massima tensione di ingresso: -20 ÷ +20 V
Risoluzione ADC: 10 bits
Triggering:
- Assoluto (per fronti di salita/discesa)
- Differenziale (per differenza tra campioni consecutivi)
- Esterno (per fronti di salita/discesa di segnali TTL)

Funzionalità disponibili: Hamming, Hanning, Blackman, Blackman-Harris.

ANALIZZATORE LOGICO

Numero canali: 16 (8 se utilizzato il generatore logico)
Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 8 MHz
Memoria:
- Buffer in lettura (Fs=4-8 MHz) 128 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs=2-2.66 MHz) 1160 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs<=1 MHz) 1544 bit/canale
- Buffer in lettura (in mod. concatenamento) 1 Mbit/canale.
- Pipe di lettura (Fs < 500KHz) 4K a 256 Mbit/canale.

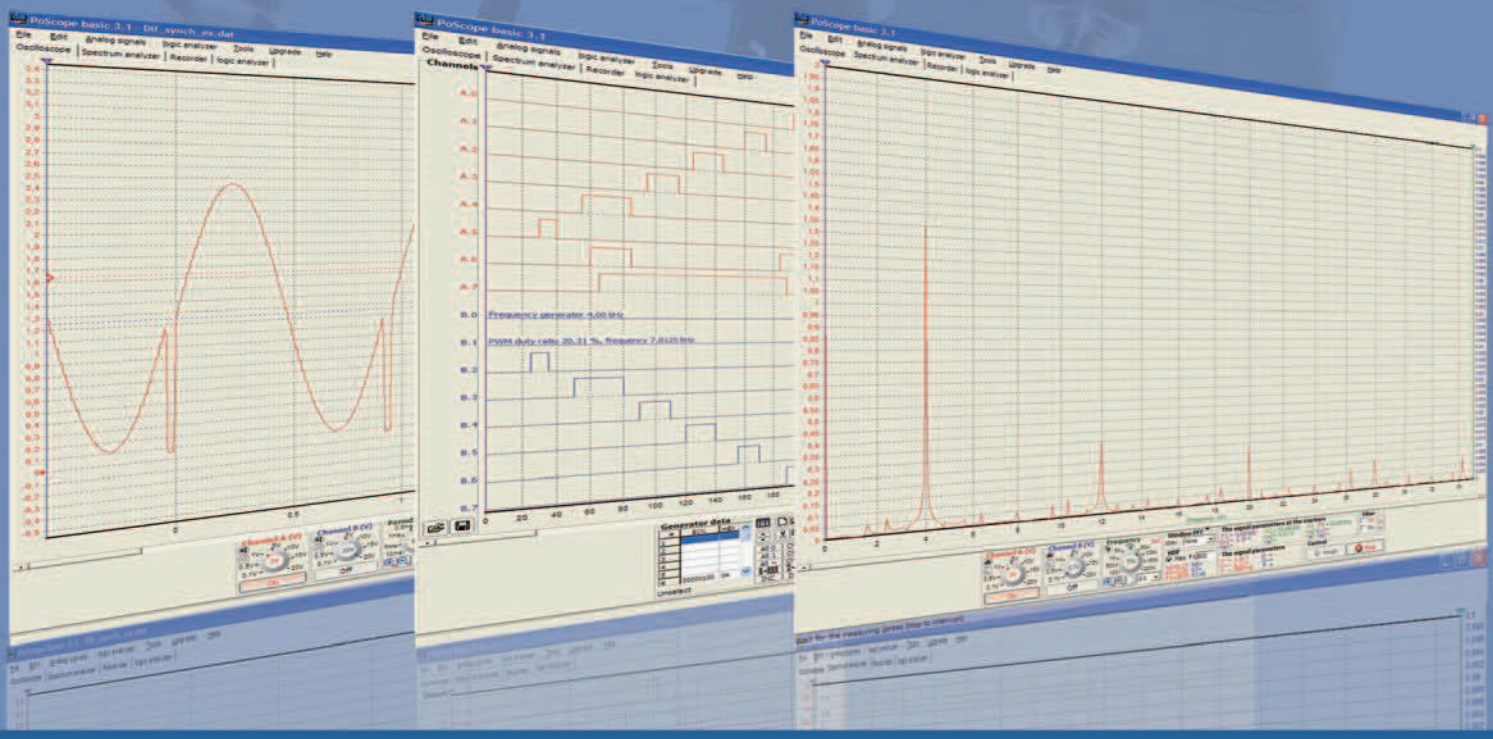
Massima tensione di ingresso: 0 ÷ +5 V
Triggering: per fronti del segnale, maschere, impulsi persi, clock esterno.
Clock: interno/esterno

REGISTRATORE

Frequenza di campionamento: 0.01 Hz ÷ 200 KHz
Capacità massima di registrazione: 24 ore (Fs < 100 Hz)
Tensione d'ingresso: -20 ÷ +20 V (hardware 2 sub-band)
Risoluzione ADC: 10 bit

GENERATORE LOGICO

Numero canali: 8
Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 1 MHz
Memoria: 1544 bit/canale
Tensione di uscita: "0" - 0 V, "1" - 3.3 V
Massima corrente in ingress/uscita: 10 mA



CODICE MIP 2793137

Ordinalo subito su www.ieshop.it/poscope

di ANTONIO GIANNICO

I dissipatori TERMICI in elettronica

Qualunque componente elettronico durante il suo funzionamento genera calore. Molti componenti lavorano con correnti irrisorie e non si surriscaldano poiché il calore generato è dissipato agevolmente attraverso il package. Altri come regolatori di tensione, transistor e circuiti integrati impiegati in stadi di alimentazione e amplificatori di potenza necessitano invece spesso di un dissipatore termico che favorisca la dissipazione del calore impedendone un riscaldamento eccessivo. Appare ovvio allora porsi il seguente problema: come è possibile calcolare e quantificare il calore che è necessario dissipare e come è possibile dimensionare e scegliere il dissipatore adeguato?

Qualunque componente elettronico durante il suo funzionamento genera calore. Molti di essi lavorano con correnti irrisorie e non corrono pertanto il rischio di surriscaldarsi. Altri come i transistor di potenza, regolatori di tensione e stadi finali di amplificatori di potenza, lavorando invece con correnti molto più elevate, difficilmente riescono a smaltire in maniera efficace il calore prodotto in assenza di specifici accorgimenti. Per questo motivo è buona regola, in questi casi, applicare al corpo del dispositivo un dissipatore termico opportunamente dimensionato che funga da radiatore favorendo lo smaltimento del calore prodotto (**figura1**) ed impedendone quindi un surriscaldamento eccessivo che potrebbe danneggiarlo irreparabilmente.
Un dissipatore in pratica "estende" le dimensioni fisiche del dispositivo rendendo disponibile una maggiore superficie di scambio termico verso l'ambiente circostante al fine di impedire il superamento di una certa temperatura limite.
Se il dissipatore è collocato insieme alla scheda elettronica all'interno di un contenitore lo scambio di calore avviene più lentamente poichè, aumentando la temperatura dell'aria interna, si riduce il salto termico tra questa e l'aria che lo circonda, il calore viene smaltito con maggiore difficoltà ed il chip tende a raggiungere temperature maggiori a meno di non aumentare ulteriormente le dimensioni e quindi la capacità dissipativa dello stesso dissipatore. Se il dissipatore si affaccia invece esternamente al contenitore lo scambio avviene con più facilità e più velocemente poiché, oltre ad aumentare il salto termico, si ha una maggiore circolazione d'aria.
Appare ovvio allora porsi il seguente problema: come è possibile calcolare e quantificare il calore che è necessario dissipare e come è possibile dimensionare e scegliere il dissipatore adeguato? A questa

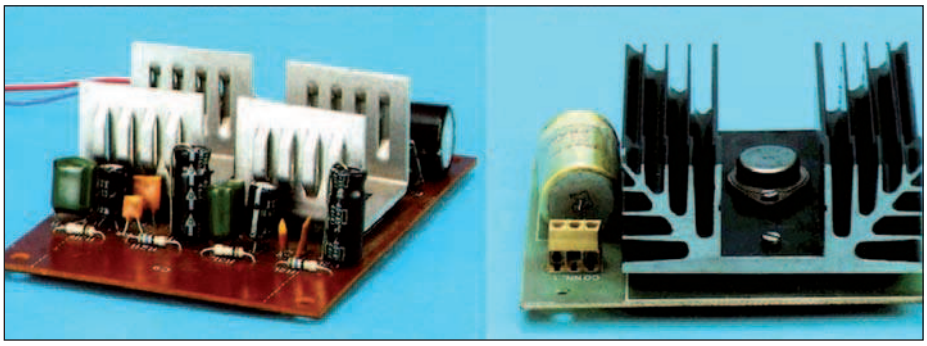


Figura 1: Esempi di dissipatori di calore in alluminio (con fessure per favorire la circolazione dell'aria e in alluminio estruso per massimizzare la superficie di dissipazione) [1]

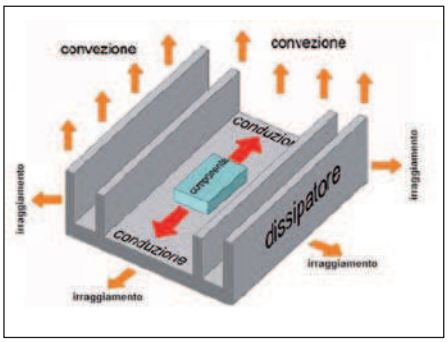


Figura 2: Il dissipatore termico fissato ad un componente elettronico dissipa calore attraverso tre meccanismi: conduzione, convezione ed irraggiamento.

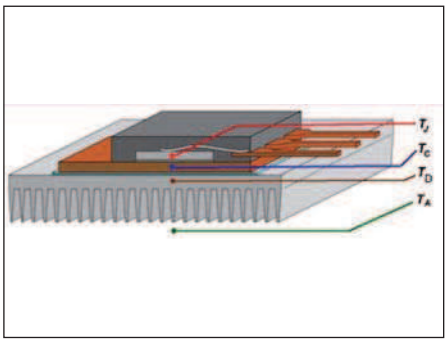


Figura 3: Il sistema termico che si forma tra componente e dissipatore è caratterizzato da quattro temperature significative (TJ di giunzione, TC del contenitore, TD del dissipatore e TA ambiente)[2]

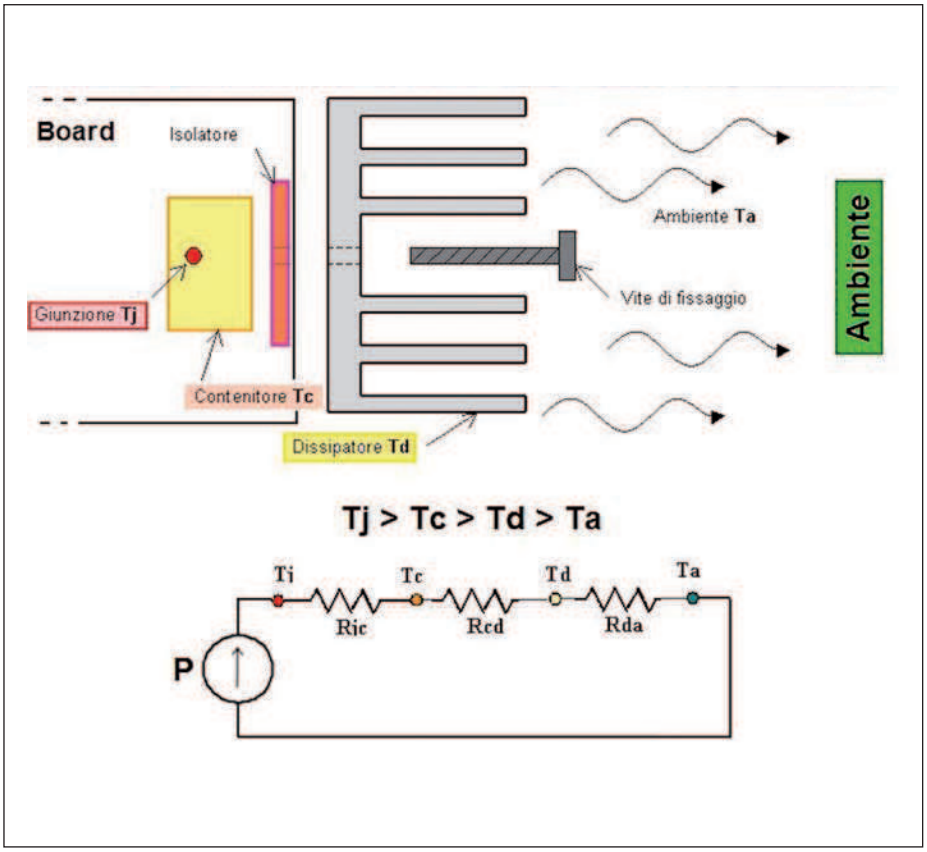


Figura 4: Corrispondenza tra circuito termico e modello elettrico equivalente

domanda cercheremo di dare risposta in questo articolo evidenziando gli aspetti fisici del problema, e motivando il modello matematico che lo descrive e su cui si basa il dimensionamento stesso dei dissipatori. Considerazioni di carattere pratico saranno inoltre proposte al lettore allo scopo di fornirgli le nozioni necessarie alla scelta ed al dimensionamento dei dissipatori termici.

LA TRASMISSIONE DEL CALORE DAL PUNTO DI VISTA FISICO

Durante il suo funzionamento il chip presente all'interno di un transistor o di un dispositivo elettronico in generale, trasferisce a causa della sua maggior temperatura, il calore prodotto al contenitore il quale a sua volta lo trasferisce al dissipatore a contatto con esso che è a temperatura più bassa. Quest'ultimo lo trasferisce all'ambiente esterno (**figura 2** e **figura 3**) il quale risulta il mezzo fisico a più bassa temperatura coinvolto nel processo. In questo modo si riesce a mantenere la temperatura del transistor al di sotto di una certa soglia limite. Lo scambio di calore tra i due corpi è veloce se la differenza di temperatura è elevata e/o la superficie di scambio termico è ampia mentre è lento se la differenza di temperatura è minima e/o la superficie di scambio termico è modesta. Il dissipatore si comporta grossolanamente come un piccolo termosifone (la superficie di scambio con l'ambiente e l'orientamento del dissipatore stesso rivestano un'importanza significativa sull'efficacia del processo).
Evidentemente, tanto maggiore è la potenza da dissipare, tanto minore dovrà essere la resistenza che il sistema termico dovrà offrire allo smaltimento del calore; il concetto intuitivo di resistenza allo smaltimento del calore trova formulazione fisica e matematica nella definizione di "resistenza termica" che illustreremo successivamente e che come vedremo dovrà essere tanto più contenuta quanto maggiore è la potenza da dissipare. In altre parole minore resistenza termica significa minore resistenza e quindi difficoltà a smaltire calore.
In prima istanza è buona regola progettare i circuiti in maniera che non necessitino di grosse dissipazioni di calore, tuttavia non sempre è possibile diminuire oltre certi limiti la potenza da dissipare tanto che in molti casi migliori prestazioni implicano proprio maggiori potenze da dissipare. Il dimensionamento termico di una scheda elettronica è quindi parte integrante del suo progetto. Il dimensionamento del dissipatore dovrà tenere conto di molteplici fattori:
1)-massima temperatura che il transistor o il circuito integrato è in grado di sopportare;
2)-massima temperatura ambiente operativa;
3)-prezzo di costo;
4)-il tipo di radiatore e relative dimensioni;
5)-impatto in termini di ingombro e peso.
In generale il calore passa da un corpo all'altro, sotto l'azione di una differenza di temperatura, in tre modi diversi:
-**conduzione**: passaggio che avviene da un punto all'altro di uno stesso corpo o da

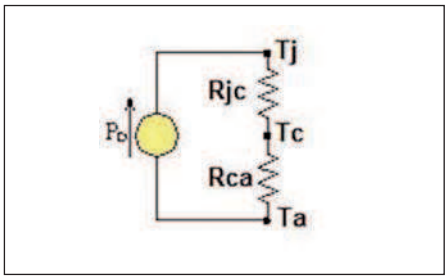


Figura 5: Circuito termico equivalente per un componente elettronico in aria

un corpo all'altro attraverso mezzi materiali interposti senza interruzioni;
-**convezione**: propagazione che si verifica nei fluidi e che trova spiegazione nel principio di Archimede. Se una parte di fluido si scalda e si dilata infatti, la sua densità diminuisce e quindi sale sotto la spinta dal basso verso l'alto da parte del resto del fluido per cui altro fluido prende il posto di quello che è salito: il fenomeno crea una colonna calda ascendente e una fredda discendente. L'aria a contatto con il dissipatore è protagonista proprio di questo fenomeno;
-**irraggiamento**: è un tipo di scambio che avviene anche nello spazio vuoto sotto forma di raggi tra i quali quelli infrarossi (il calore che il sole invia sulla terra per esempio segue questo principio). In pratica i diversi modi di propagazione del calore avvengono contemporaneamente.

La temperatura massima del silicio

La temperatura raggiunta dal silicio viene indicata normalmente come Tj (temperatura di giunzione).
Il silicio potrebbe sopportare una Tj anche di 200-300°C senza modificazioni strutturali o chimiche significative. Nella pratica il chip non deve mai raggiungere queste temperature per diversi motivi:
- a temperature elevate cambiano in modo sostanziale le caratteristiche elettriche del silicio e, quindi, il dispositivo si comporta in modo diverso da quanto specificato dal costruttore (incremento del "rumore termico", cambio di guadagno e resistenza elettrica, innesco di fenomeni di "fuga termica").
- all'aumentare della temperatura aumenta la probabilità di guasti. Generalmente l'imposizione dell'MTBF (tempo medio tra due guasti) è uno degli aspetti principali che porta il costruttore a definire la T_{jmax} per il dispositivo (Valori tipici: compresi tra 100 e 180 °C).
In conclusione, i componenti elettronici sono sensibili alla temperatura di funzionamento tanto che la loro affidabilità è legata in modo esponenziale a questo parametro (più bassa è la sua temperatura minore è la probabilità di guasto). Da ciò consegue una considerazione pratica immediata ed estremamente semplice che impone il calcolo e la verifica delle temperature dei componenti nelle condizioni temperature operative di funzionamento più stressanti previste.

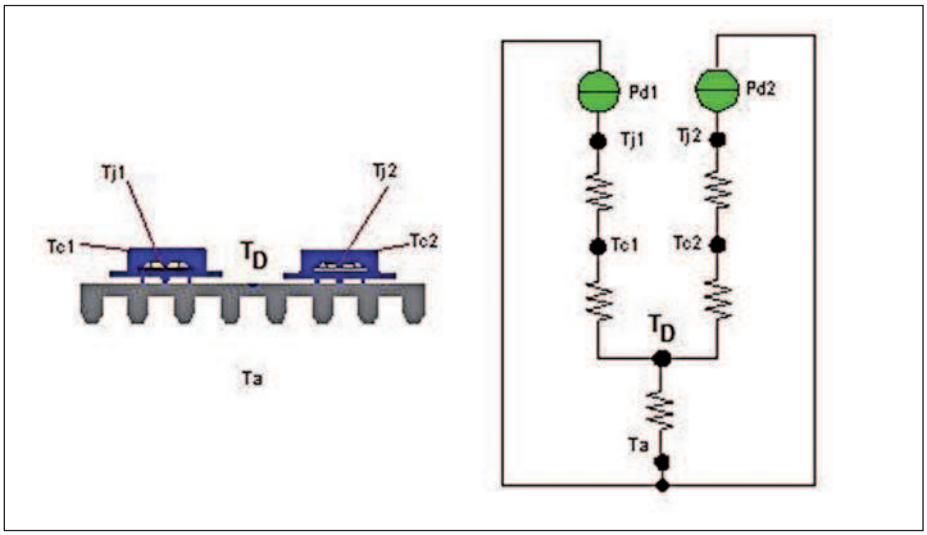


Figura 6: Circuito elettrico equivalente corrispondente al caso in cui due dispositivi condividano lo stesso dissipatore

Dissipatori e Resistenza termica

"Resistenza termica" è il termine fisico utilizzato per indicare la difficoltà che il calore presenta nell'attraversare un mezzo. A tale proposito va ricordato che la maggior parte dei mezzi che conducono male l'elettricità mediamente conducono male anche il calore.
Tra il componenti ed il dissipatore compare spesso una sottile pellicola che limita gli effetti degli interstizi d'aria e che può essere un elastomero o un sottile foglio di mica se si deve creare tra gli stessi un isolamento elettrico. In un processo di scambio termico tra due punti "a" e "b" mantenuti a temperature costanti diverse tra loro Ta>Tb il calore passa spontaneamente dal punto "a" al punto "b"; la velocità del processo, fissate le temperature Ta e Tb, dipende proprio dalla resistenza termica del mezzo. Tralasciando il periodo transitorio di inizio dello scambio termico, si definisce flusso P la quantità di calore scambiata nell'unità di tempo([J/s]=[W]). Il rapporto tra la differenza di temperatura (Ta - Tb) ed il flusso P viene definito "Resistenza Termica" del mezzo (espressa in °K/W o equivalentemente in °C/W).

$R_{th}=(T_1-T_2)/P$

Il concetto di resistenza termica è quindi un'astrazione fisico-matematica per descrivere quantitativamente la capacità di un corpo di dissipare calore o più precisamente la difficoltà del calore a diffondersi in un mezzo fisico esattamente come una resistenza elettrica quantifica la difficoltà che una corrente ha nel percorrere un corpo. Da questa analogia concettuale e formale da un punto di vista di descrizione matematica deriva l'equivalenza tra il circuito termico ed il circuito elettrico riportato in **figura 4**.
Le resistenze termiche sono cioè rappresentate in un modello elettrico equivalente con delle resistenze elettriche ed il circuito risultante può essere studiato formalmente con la legge di Ohm. In altre parole si introducono le seguenti corrispondenze: *Temperatura←→Tensione*, *Flusso di calore←→Corrente*, *Resistenza termica←→Resistenza elettrica*.
È chiaro che nei circuiti elettronici si cerchi per prima cosa di ridurre al minimo la potenza dissipata compatibilmente con l'applicazione e le prestazioni, e come

Tabella 1. Analogia formale tra grandezze termiche e grandezze elettriche.

GRANDEZZA TERMICA	GRANDEZZA ELETTRICA
R_{th} = resistenza termica [°C/W]	R = resistenza elettrica [Ohm]
ΔT_{ab}= differenza termica tra il punto a ed il punto b [°C]	ΔV_{ab}= d.d.p tra il punto a ed il punto b [V]
P_D= flusso termico o potenza da dissipare [W]	I= flusso di carica o corrente elettrica [A]

Tabella 2-Grandezze fisiche e significato dei pedici utilizzati per individuarle

P_D	potenza dissipata dal transistor [W]
T_J	temperatura massima della junzione[°C]
T_A	temperatura ambiente [°C]
T_C	temperatura del contenitore del componente [°C]
R_{JC}	resistenza termica tra junzione e contenitore [°C/W]
R_{JA}	resistenza termica tra junzione e ambiente[°C/W]
R_{CD}	resistenza termica tra contenitore e dissipatore[°C/W]
R_{DA}	resistenza termica tra dissipatore e ambiente[°C/W]
C	CONTENITORE TRANSISTORE
D	DISSIPATORE
A	AMBIENTRE

seconda di intervenire con dissipatori termici semplici o con ventole cercando di renderla minima possibile la resistenza termica del sistema compatibilmente con gli ingombri e i costi degli stessi dissipatori (solo in casi particolarmente critici si ricorrere a celle di peltier, raffreddamento a liquido o tubi di calore). Il modello elettrico equivalente si basa sull'analogia matematico-descrittiva che accomuna il comportamento termico del sistema termico a quello elettrico del circuito elettrico di **figura 4**.

Questa equivalenza formale (**tabella 1**) prevede che:

- il flusso di calore sia rappresentato come corrispondente elettrico da un generatore di corrente (cambia l'unità di misura che da ampere diventa watt);
- le temperature nei vari punti abbiano come equivalente una tensione elettrica (l'unità di misura da Volt diventa gradi Celsius (°C) o kelvin (°K));
- la resistenza termica presenti come equivalente elettrico la resistenza elettrica (misurata non in ohm ma in °C/W)
- la capacità termica venga rappresentata come equivalente da una capacità elettrica (reattanza espressa anch'essa in °C/W; quest'ultimo parametro sarà chiarito successivamente).

In **figura 4** e nel seguito dell'articolo avremo pertanto a che fare con le seguenti grandezze fisiche di cui riassumiamo sinteticamente il significato anche nell'apposita **tabella 2**:

P_D:potenza dissipata in calore nel *die* espressa in watt;

T_J:temperatura della giunzione nel *die* espressa in °C; nei datasheet dei componenti in silicio è in genere riportato il valore 125 °C.

T_C:temperatura del contenitore espressa in °C;

T_D:temperatura del dissipatore, approssimata come uniforme, espressa in °C;

T_A: temperatura ambiente massima (in prossimità del dissipatore) espressa in °C; la sua valutazione è difficile soprattutto se il contenitore è chiuso oppure se sono presenti più dispositivi che generano calore, se sono presenti fessure di areazione nel contenitore o ventilazione forzata. Il valore che si adotta nei calcoli è sempre quello massimo previsto nelle condizioni operative più sfavorevoli. Valori indicativi sono per esempio 45-55°C se il dispositivo non è chiuso in un contenitore e 55-80°C se il dispositivo viene posto in un contenitore chiuso.

R_{JC}: resistenza termica tra la giunzione del componente elettronico e la superficie del suo contenitore espressa in °C/W. Definita dal costruttore del circuito integrato, dipende dal tipo di contenitore, dal chip, dal materiale interposto. Valori tipici possono variare tra 0,01 e 5 °C/W con i valori minori tipici dei dispositivi che generano le potenze maggiori.

R_{CD}:resistenza termica tra il contenitore ed il dissipatore espressa in °C/W; dipende dal tipo di contenitore del dispositivo elettronico e dall'ampiezza della sua superficie di contatto con il dissipatore, dalla qualità delle superfici poiché le imperfezione tra le due superfici metalliche come la presenza di aria riduce lo scambio termico. Mezzi che migliorano la conduzione tra dispositivo e dissipatori possono essere interposti tra essi (es. elastomeri con buona conduzione termica; il valore può anche essere dimezzato se si favorisce il passaggio del calore con un sottile strato di grasso al silicone); valori tipici: da 1 a qualche centesimo di °C/W. Nell'uso pratico dei dispositivi di potenza è generalmente necessario isolare il contenitore dal dissipatore poiché nella maggior parte dei casi per disperdere più efficacemente il calore, il collettore viene collegato elettricamente al contenitore (case). L'isolamento è allora ottenuto interponendo tra il contenitore e il radiatore una piastrina di materiale isolante anche se in questo modo si aumenta la resistenza termica R_{CD}.

R_{DA}: resistenza termica tra il corpo del dissipatore e l'ambiente circostante (in prossimità del dissipatore) espressa in °C/W. Dipende dal tipo di dissipatore, dalle dimensioni, dal suo montaggio ed orientamento e dalla presenza associata al dissipatore di ventole di raffreddamento (valori tipici da poche decine a pochi decimi di °C/W).

T_{jmax}: è definita dal costruttore del dispositivo in modo da garantire una vita operativa ragionevole al dispositivo; l'utente può in pratica solo intervenire sulle condizioni operative elettriche del circuito in modo da avere $T_J<T_{JMAX}$.

Ovviamente T_J, T_C, T_D e T_A si susseguono dal *die* verso l'ambiente in ordine di valori decrescenti.

Il modello che se ne ottiene è approssimato principalmente perché:

- rappresenta il fenomeno in condizioni statiche (per comportamenti in cui si han-

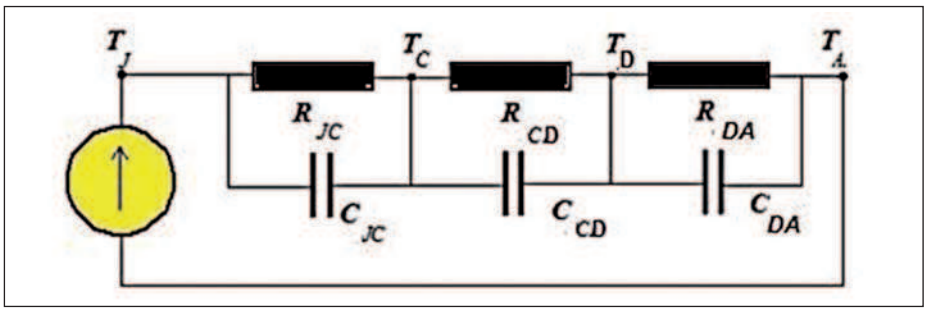


Figura 7: Modello elettrico del comportamento termico in presenza di picchi di corrente nella giunzione

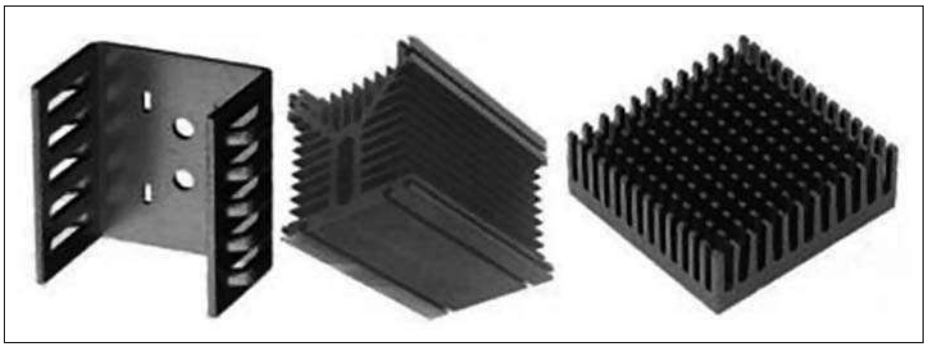


Figura 8: Alcuni modelli di dissipatori termici con differenti alettature

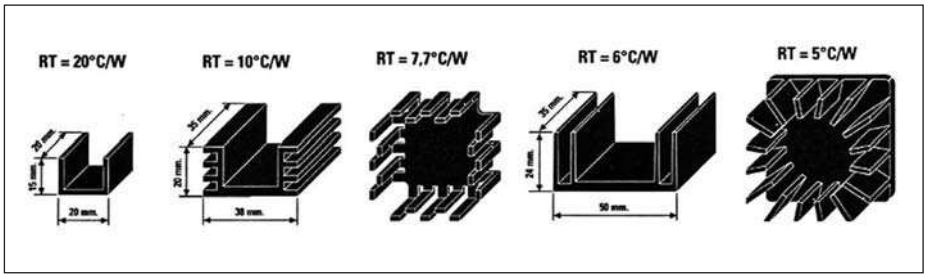


Figura 9: Alcuni profili di dissipatori comuni usati in elettronica

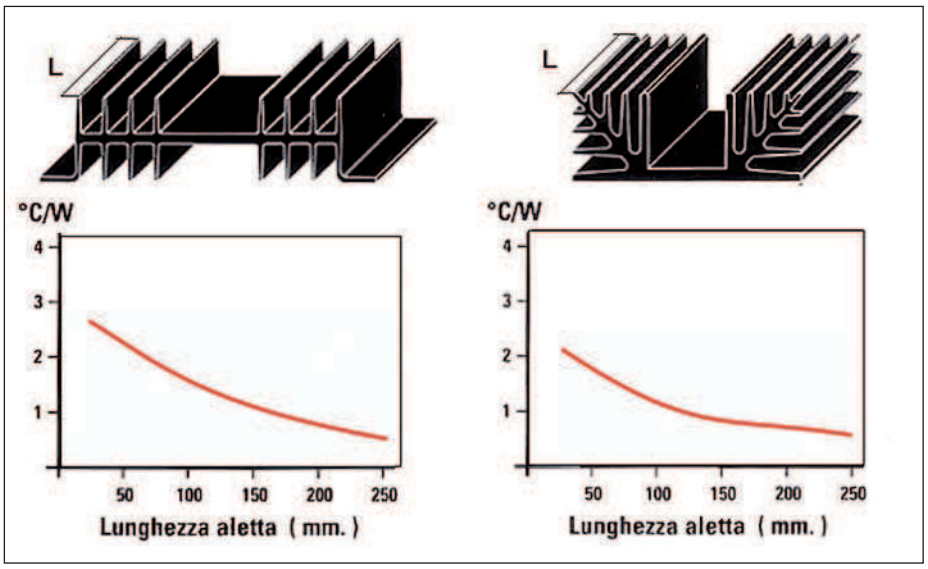


Figura 10: Tipica relazione intercorrente tra lunghezza del dissipatore e relativa resistenza termica per un fissato profilo del dissipatore

Tabella 3-Resistività termica di alcuni materiali

MATERIALE	RESISTIVITÀ (°Ccm/W)
Rame	0,25
Alluminio	0,48
Nitruro di alluminio	0,64
Ossido di berillio	1.0
Silicio	1,2
Ossido di alluminio	6.0
Grasso siliconico con ZnO	130
Mica	150
Grasso siliconico	520
Milar	635
Aria ferma	3050

no variazioni rapide di temperatura dovute per esempio a commutazioni vanno adottati modelli più complessi che portano a parlare di *impedenza* termica e non più di resistenza termica).

- non si tiene conto della trasmissione diretta del calore tra il *die* del componente elettronico e l'ambiente oppure tra il package e l'ambiente, trasmissione che dovrebbe essere rappresentata da altre resistenze termiche e che viene trascurata in prima approssimazione.
- il fenomeno di scambio termico tra dissipatore e ambiente, quantificato attraverso R_{DA}, coinvolge più fenomeni di scambio termico cioè conduzione, convezione e irraggiamento.
- l'orientamento del dissipatore e la presenza di eventuali altre sorgenti di calore nelle vicinanze possono ridurre l'efficienza del raffreddamento.

In ultima analisi, il modello presentato è un modello a parametri concentrati che rappresenta il fenomeno in maniera semplificata e unidimensionale ma che tuttavia ne approssima bene la descrizione fisica quantitativa dando origine ad una descrizione matematica abbastanza facilmente fruibile. L'argomento vale, in particolare, per gli aspetti di dissipazione termica dei dispositivi elettronici di potenza (transistor, darlington, IGBT, regolatori di tensione, tiristori, triac, GTO, ecc.).

È importante allora calcolare la potenza espressa in watt che il componente dissipa in calore. In linea di massima è possibile operare come segue:

-*transistor* a giunzione, *darlington*, IGBT: prodotto della tensione tra collettore ed emettitore per la corrente continua; se

questa varia in modo periodico si calcola il valor medio nel periodo;
-*Mosfet*: $\mathbf{R}_{DS,ON}$ moltiplicata per la Id^2; nel caso di commutazioni valgono le considerazioni fatte per il transistor a giunzione;
-*triac*: si moltiplica la caduta tra i terminali A_2- A_1 per la corrente;
-*tiristore (SCR)*: come per i triac;
In ogni caso, in generale si considera il caso peggiore di potenza media dissipata.
Il dissipatore è generalmente realizzato in alluminio essendo questo uno dei materiali che conduce in maniera più efficace il calore (la migliore efficienza è garantita in realtà dal rame-**tabella 3**). La presenza di alettature aumenta la superficie complessiva di contatto con l'aria e rende quindi la dissipazione più efficace.

MODELLO FISICO-MATEMATICO DELLA DISSIPAZIONE TERMICA

Partendo da quanto detto nel precedente paragrafo è possibile riassumere il fenomeno dello scambio termico con l'ambiente, in un dispositivo elettronico dotato di dissipatore termico, attraverso la seguente relazione che formalmente appare del tutto analoga alla legge di Ohm applicata al circuito elettrico equivalente di **figura 4**.
T_J-T_A=P_{dMAX}(R_{JC}+R_{CD}+R_{DA})

Se si suppone di conoscere tutte le grandezze presenti nella precedente relazione, a meno della resistenza termica del dissipatore R_{DA}, è possibile calcolare quest'ultima attraverso la seguente relazione:

$$R_{DA} = \frac{T_J - T_A}{P_{d,MAX}} - R_{JC} - R_{CD}$$

Questa andrà considerata come la resistenza termica massima accettabile per il dissipatore al fine di garantire la dissipazione dell'intera potenza $P_{d,MAX}$ prodotta senza che il chip superi la temperatura T_J. Ovviamente la T_J non è T_{JMAX} riportata sui datasheet del componente ma un valore congruamente più contenuto opportunamente definito come avremo modo di comprendere meglio successivamente con alcuni esempi numerici. Lo scambio termico più critico è quello tra la superficie del dissipatore e il fluido circostante che generalmente è aria e che avviene per conduzione, convezione ed irraggiamento. Nei datasheet la resistenza termica del dissipatore è spesso riportato in modo

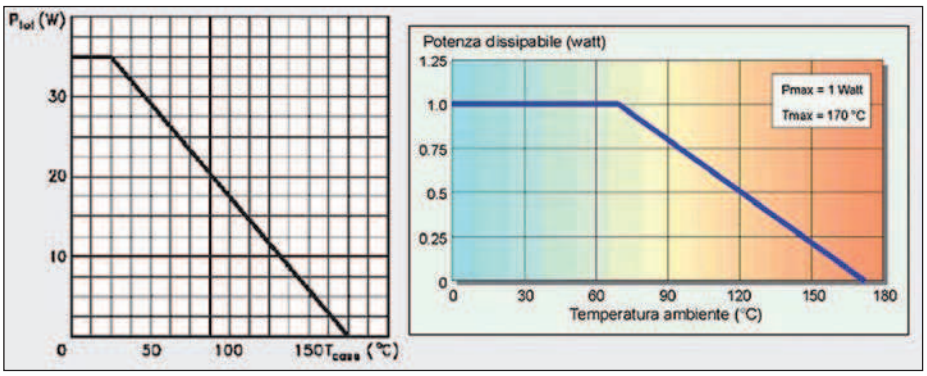


Figura 11: Tipico andamento delle curve di derating di un dispositivo

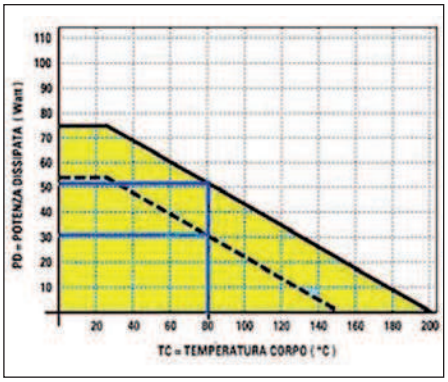


Figura 12: Tipica curva di derating di un componente e relativa curva di sicurezza (curva tratteggiata)

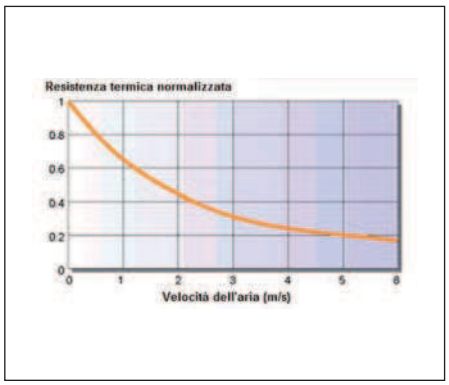


Figura 13: La ventilazione forzata riduce sensibilmente il valore della resistenza termica fra dissipatore ed ambiente.

approssimato con un numero, altre volte con un diagramma che riporta la relazione tra l'aumento di temperatura T_D-T_A e la potenza dissipata (in watt). In alcuni casi le curve possono tenere conto della presenza di ventilazione forzata. Nell'impostazione del problema vengono normalmente adottate alcune semplificazioni:
-si suppone che la temperatura sia omogenea all'interno di un corpo costituito da un solo materiale, cosa abbastanza vera visto che il dissipatore è normalmente un buon conduttore di calore e che il *die* è fatto in silicio;
-viene fatta un'analisi in regime stazionario (potenza dissipata e temperatura costanti nel tempo);
-si trascura l'energia dissipata per irraggiamento rispetto a quella trasmessa per conduzione.

ALTRI SISTEMI DI DISSIPAZIONE DEL CALORE

Anche se non ce ne occuperemo in questo articolo è opportuno sottolineare che esistono altri metodi anche se poco usati per la dissipazione di calore nelle applicazioni elettroniche:
-circuiti stampati incollati ad un supporto metallico (*Thermal Clad Insulated Metal Substrate*);
-raffreddamento a liquido (utilizzati solo in sistemi dove vengono controllate potenze molto elevate);
-celle di Peltier;

I DATI RIPORTATI NEI DATASHEET

Nei data sheet del componente elettronico normalmente sono riportati i seguenti dati:
- $\mathbf{T}_{JMAX}$: di solito supera abbondantemente i 100°C;
- $\mathbf{R}_{JC}$: qualche°C/W a seconda del dispositivo.
- $\mathbf{R}_{CA}$: resistenza termica tra il contenitore e l'ambiente; il suo valore dipende dal package; essendo i package standardizzati, lo si trova facilmente tabellato (es. **tabella 6**) sui manuali di elettronica.
- $\mathbf{R}_{JA}$(in assenza di dissipatore): resistenza termica tra la giunzione e l'ambiente esterno (in assenza di dissipatore); da un punto di vista di equivalente può essere visto come la serie delle due resistenze R_{JC} e R_{CA}(in assenza di dissipatore) (**figura 5**).

Nel caso in cui il componente elettronico di potenza non sia montato su un dissipatore termico si parla di dispositivo in aria. Qualora si sia sprovvisti di dati certi è possibile adottare, per i transistor al silicio, un Tjmax di circa 125°C, mentre per il germanio un Tjmax pari a 85°C. Sul datasheet del dissipatore è invece riportato la resistenza termica R_{DA} e le eventuali curve di derating di cui parleremo successivamente.

LE FORMULE DA UTILIZZARE

Se R_{JA} riportata sul datasheet del componente e che fa riferimento alla condizione operativa in assenza di dissipatore rispetta la relazione $R_{JA}<(T_J-T_A)/Pd$ allora vuol dire che il dispositivo riesce a smaltire efficacemente il calore prodotto senza eccessiva difficoltà e quindi non serve alcun dissipatore termico. In tutti gli altri casi è necessario utilizzare un adeguato dissipatore di calore scelto in base alla resistenza termica richiesta R_{DA} la quale può essere calcolata con la seguente relazione (**figura 4**):

$$R_{DA} = \frac{T_J - T_A}{P_{d,MAX}} - R_{JC} - R_{CD}$$

In pratica, conoscendo la T_{JMAX} e riducendola congruamente si definisce la T_J; conoscendo la temperatura ambiente è possibile calcolare la resistenza termica totale partendo dalla potenza P_{DMAX} che si prevede dover dissipare (primo termine a destra della precedente relazione). A questa resistenza termica è necessario sottrarre quella giunzione-contenitore (R_{JC}) e quella contenitore-dissipatore (R_{CD}) in modo da conoscere la resistenza termica dello stesso dissipatore. A questo punto è facile, dal circuito elettrico equivalente di **figura 4**, ricavare anche la temperatura prevista per il contenitore del componente:

$T_C=T_A+P_{DMAX}(R_{CD}+R_{DA})$
e quella del dissipatore:
$T_D=T_A+P_{DMAX}R_{DA}$

Ovviamente (**figura 4**) la R_{JA} in presenza del dissipatore è pari alla somma di tutte le resistenze termiche. In altre parole quando è presente il dissipatore per resistenza R_{JA} si intende la serie di R_{JC}, R_{CD} e R_{DA} e non la R_{JA} riportata nei data sheet (che fa riferimento ad assenza di dissipatore). In questo caso quindi:

$R_{JA}= R_{JC} + R_{CD} + R_{DA}$

In pratica questa è la resistenza termica totale che il calore incontra nel suo propagarsi dalla giunzione all'ambiente. Per sicurezza nei calcoli si usa sempre una T_J pari a T_{JMAX} moltiplicata per un fattore K compreso tra 0.3 e 0.6.

$T_J=KT_{JMAX}$

Il concetto alla base di tutto è fisicamente quello per cui la T_J deve essere sempre inferiore a quella massima permessa anche nella condizione operativa più sfavorevole. Si può allora agire su: Ta, R_{CD} (favorendo un buon contatto tra case ed il dissipatore); R_{DA} (usando un dissipatore di maggiori dimensioni e con più "alette" oppure dotato di ventola di raffreddamento).
Solitamente i manuali riportano la sola temperatura T_{JMAX}, ovvero la massima temperatura di giunzione oltre la quale si avrebbe la distruzione del componente. La temperatura T_J è la temperatura effettiva che la giunzione raggiunge durante il funzionamento.
Ovviamente, se si impone K molto vicino ad 1 ci si ottiene un dissipatore di piccole dimensioni ma ci si pone in una condizione di scarsa sicurezza mentre se si impone un valore molto prossimo a 0 si ottiene un dissipatore eccessivamente grande e quindi di difficile impiego.

MATERIALI, RESISTENZA E RESISTIVITÀ TERMICA

L'alluminio è il materiale più usato per la realizzazione di dissipatori termici in elettronica grazie alla sua capacità di dissipare efficacemente il calore. Questo aspetto è quantificato attraverso la resistività termica, grandezza fisica legata alla resistenza termica. La resistività termica di un materiale infatti (**tabella 3**) quantifica l'efficacia dissipatrice del materiale di cui è fatto il dissipatore indipendentemente dalle sue dimensioni e dalla sua forma. Resistenza termica e resistività termica sono ovviamente legate tra loro; per ottenere la resistenza termica a partire dalla resistività termica è necessario impiegare una relazione formalmente identica alla seconda legge di Ohm:
R=r L/S
dove r è la resistività termica, L la lunghezza ed S la sezione del materiale. Per esempio, un foglio di mica di 5cm^2 di superficie e 50um di spessore presenta una resistenza termica pari a Rt=(150*0,005/5)ºC/W =0,15ºC/W. Se invece lo stesso foglio è di alluminio si ottiene Rt=(0,48*0,005/5)ºC/W =0,00048ºC/W.

SITUAZIONI OPERATIVE E MODELLI EQUIVALENTI PIÙ COMPLESSI

Lo schema "elettrico" presentato in **figura 4** si riferisce ad un caso semplice anche se frequente in cui si ha un solo dispositivo con un solo dissipatore. Casi più complessi da analizzare si hanno quando più dispositivi sono montati sullo stesso dissipatore. In questo caso si hanno più "generatori di corrente equivalenti" e più resistenze termiche. La **figura 6** fa riferimento, per esempio, ad una condizione operativa in cui due dispositivi condividono lo stesso dissipatore.

È SEMPRE RICHIESTO IL DISSIPATORE?

Non sempre è richiesto l'utilizzo di un dissipatore. Per esempio, si consideri un integrato in contenitore TO220 nelle seguenti condizioni:
- R_{JA} senza dissipatore: 50°C/W (valore tipico fornito dal costruttore);
- Potenza dissipata: < 1,5W
- T_{JMAX}: 150°C
- Temperatura ambiente: < 40°C

Considerando come operative le condizioni più sfavorevoli (max T ambiente e max potenza dissipata) si ottiene:
$T_J = P_{DMAX}*R_{JA}+T_A$=1,5W * 50°C/W + 40°C = 115 °C < 150°C

Il sistema è correttamente dimensionato da un punto di vista termico anche senza dissipatore ($K=T_J/T_{JMAX}$=0,67 à T_J è abbastanza lontana da T_{JMAX}).
In pratica nel caso in cui si intenda utilizzare il componente senza dissipatore la relazione fondamentale da utilizzare è la seguente (che rappresenta nient'altro che una riscrittura di quella generale):
$T_J-T_A-P_{DMAX}R_{JA}$
Ovviamente come T_A si sceglierà quella corrispondente alle condizioni ambientali più sfavorevoli.

Tabella 4-Valori tipici di resistenza termica giunzione-contenitore per diversi tipi di package [1]

PACKAGE	GIUNZIONE-CONTENITORE R_{JC} (°C/W)
TO39	35
TO126	8
TO220	2,5
TO3	1

IMPEDENZA TERMICA E CAPACITÀ TERMICA

In alcuni dispositivi, come quelli di commutazione, si hanno rapide variazioni di potenza la potenza che generano nel *die* un picco di produzione di calore che non ha il tempo di diffondersi, contrariamente a quanto prevede il modello di **figura 4**, che sottintende una diffusione istantanea e stazionaria. Questo determina una sovratemperatura della giunzione che si raggiunge in modo estremamente rapido poiché si può considerare il fenomeno di tipo adiabatico e coinvolgente solo il *die*.

Il modello elettrico equivalente del fenomeno può essere allora affinato introducendo delle capacità termiche (**figura 7**). Con il concetto di "capacità termica" si descrive la caratteristica di un oggetto di accumulare calore. Quella più critica è nel *die*, le altre ed in particolare quella del dissipatore hanno un ordine di grandezza maggiore e si possono assimilare ad un cortocircuito il che conferma il fatto che in una situazione transitoria particolarmente gravosa come questa è appunto il *die* l'unico protagonista. In questo caso pertanto fisicamente alla resistenza termica andrebbe sostituito un concetto di impedenza termica.In pratica, nota l'impedenza termica, si può verificare sui diagrammi forniti dal costruttore del componente che la durata e l'energia richiesta dalla commutazione non siano tali da danneggiare il componente.

CONSIDERAZIONI PRATICHE

Il fatto che si impieghi l'alluminio è dovuto sia alla buona conducibilità termica e che al peso contenuto. La scelta del rame infatti ha il vantaggio di migliorare la conducibilità ma comporta un indesiderato aumento di peso. R_{DA} (spesso indicato sul datasheet del dissipatore semplicemente come Rth) è in generale l'unico parametro noto del dissipatore. Il suo valore è dipende dalla forma del dissipatore e delle alette ed in generale è inversamente proporzionale alla loro superficie. Valori tipici di resistenza termica dei dissipatori sono compresi tra gli 0.5°C/W e qualche decina di °C/W. A seconda della particolare applicazione vengono impiegati principalmente certi tipi di dissipatori piuttosto che altri: la **figura 8** riportata rispettivamente un piccolo dissipatore per transistor TO220, un grosso dissipatore usato per moduli ad alta dissipazione ed uno per processori (fissato con collanti o clips invece che con viti).

Normalmente tra il componente ed il dissipatore è spalmato una pasta siliconica conduttrice di calore a base di ossidi metallici necessaria a favorire il trasferimento termico e ad eliminare l'aria presente tra il dissipatore ed il circuito integrato. Questa pasta non deve costituire spessore eccessivo, pena il peggioramento del trasferimento di calore.

L'uso corretto del "silicone" su superfici a buona finitura superficiale può addirittura dimezzare la R_{CD}. L'efficienza termica del dissipatore può essere incrementata significativamente utilizzando un flusso d'aria forzato che lambisce le alettature. La resistenza termica può essere in questo modo abbattuta anche ad un quinto, e di conseguenza è possibile ridurre sensibilmente le dimensioni stesse del dissipatore. Più in generale, l'efficienza termica di un dissipatore dipende dai seguenti parametri: materiale utilizzato (conducibilità termica), dimensioni, forma, finitura superficiale, condizioni di ventilazione del dissipatore (interno o esterno all'apparecchiatura), orientamento, posizione di fissaggio dei componenti elettronici (centrale oppure verso il bordo). Il parametro che caratterizza l'efficienza di un dissipatore riassumendo tutti questi parametri è la resistenza termica R_{DA} specificata dal costruttore.I moti convettivi dell'aria sono determinanti per l'asportazione del calore. Per tale motivo il dissipatore deve essere montato in posizione verticale e con le alette verticali, proprio come si montano i termosifoni; in caso contrario la resistenza termica fra dissipatore e ambiente cresce sensibilmente (si può stimare che il montaggio orizzontale comporti un aumento della resistenza termica del dissipatore del 20%). La collocazione del componente sul dissipatore è altrettanto importante; esso va posizionato al centro del dissipatore e non ad un estremo, proprio per sfruttare al massimo la conducibilità termica del metallo e rendere più uniforme possibile la sua temperatura in modo da garantire una dissipazione ottimale.

Quanto maggiore è la potenza che si desidera dissipare tanto minori devono essere le resistenze termiche contenitore-dissipatore e dissipatore-ambiente. Per fare questo, dove è possibile, si evita di inserire la mica come isolante elettrico, si spalma un leggero strato di grasso al silicone tra il contenitore e il radiatore, e si serrano bene le viti di fissaggio del transistore al dissipatore (è ovvio che la resistenza termica tra la giunzione ed il contenitore non è controllabile dal progettista elettronico).

Ovviamente la resistenza termica transistor-aletta dipende in qualche misura anche dalla presenza di mica. Se si fanno i calcoli in presenza di mica e senza mica si noterà che a parità di dissipatore utilizzato la temperatura del corpo del transistor raggiunge una temperatura inferiore nel caso in cui non si impieghi mica. Le **tabelle 4**, **5** e **6** riportano alcuni valori numerici per le resistenze termiche giunzione-contenitore, contenitore-dissipatore e contenitore-ambiente.

RESISTENZA TERMICA DELL'ALETTA DI RAFFREDDAMENTO

Normalmente il costruttore di un dissipatore fornisce un grafico che riporta la resistenza termica in funzione del profilato dell'aletta e della sua lunghezza (**figura 10**). Se, per esempio, una porzione di lunghezza pari a 50 mm presenta una resistenza termica pari a 2,5°C/W una porzione lunga 200 mm presenterà una resistenza termica sicuramente maggiore di ¼ della precedente (200/50=4).

LE CURVE DI DERATING

A volte il costruttore del dispositivo fornisce un grafico con in ascissa la temperatura ambiente ed in ordinata la potenza sopportabile dal dispositivo detta curva di derating. Al di sotto della curva il dispositivo è sufficientemente raffreddato mentre al di sopra è a rischio.

package	Rth(j-a) (°C/W)	Pdmax Ta=25°C	Rth(j-c) (°C/W)	Pdmax Ta=25°C	Icmax DC
TO-92 TO-18	200	0,6W	80	1,6W	1A
TO-5	160	0,9W	80	1,6W	1A
TO-126	90	1,4W	2,8	45W	6A
TO-127	80	1,6W	1,3	100W	15A
TO-220	65	2W	1,2	125W	35A
TO-3	50	3W	0,7	175W	60A
TO-3 spesso	38	3,3W	0,5	350W	70A
TO-3P TO-218 SOT-93 TO-247	50	2,5W	1	150W	75A

Figura 14: Valori di resistenza termica giunzione: ambiente e giunzione: contenitore per alcuni dei package più utilizzati dai dispositivi elettronici

Osservando per esempio la curva a destra in **figura 11** si deduce che il relativo dispositivo può dissipare 35W se la temperatura del contenitore è inferiore a 25°C mentre a 175°C non è più in grado di dissipare alcuna potenza. Il grafico contiene implicitamente le seguenti informazioni:
- $\mathbf{T}_{jmax}$: intercetta tra l'asse delle ascisse e la curva (175°C);
- $\mathbf{R}_{JA}=(T_1-T_2)/(P_2-P_1)$, dove i pedici 1 e 2 identificano due punti qualunque lungo il tratto rettilineo discendente, per esempio (25°C, 35W) e (175°C, 0W) da cui $\mathbf{R}_{JC}$=4,3 °C/W. In alcuni casi può essere fornita la temperatura ambiente $\mathbf{T}_A$ (parte a destra della Fgura 11) sulle ascisse invece che la $\mathbf{T}_C$. In questo caso si calcola con formula analoga la $\mathbf{R}_{JA}$. L'interpretazione della curva con riferimento per esempio a quella di destra in **figura 11** è la seguente: è possibile dissipare la potenza nominale fino ad una temperatura ambiente di 70 °C, superata la quale è necessario ridurre progressivamente la potenza dissipata fino a che, raggiunta la temperatura massima di lavoro di 170°C, la potenza dissipabile si annulla. Come è possibile smaltire adeguatamente il calore prodotto in modo da estendere i limiti indicati dalla curva di derating? La risposta è semplice: si impiega un dissipatore di calore che riduce la resistenza termica complessiva e permette di limitare la temperatura raggiunta dal dispositivo.

Il transistor cui fa riferimento la **figura 12** presenta potenza dissipabile massima pari a 75 W se non si superano 25ºC e temperatura T_{JMAX} pari a 200ºC. Ad 80ºC potremo dissipare massimo 50 W. In realtà se non si usa un dissipatore si introdurrà un margine di sicurezza opportuno adottando come curva di riferimento una inferiore (per esempio quella tratteggiata) adeguatamente "staccata" da quella di riferimento massima (curva continua).

ESEMPI DI DIMENSIONAMENTO DEL DISSIPATORE

Esempio 1: Si vuole dimensionare un dissipatore per un transistor che deve dissipare 20W e caratterizzato da T_{JMAX} = 200ºC; La potenza massima dissipabile del dispositivo è P_{DMAX}=115W con temperatura del contenitore T_C= 25ºC; la temperatura ambiente di riferimento è Ta=30ºC. Non viene utilizzato silicone.
Possiamo operare come segue. Considerando un certo margine di sicurezza sulla temperatura di giunzione possiamo imporre $T_J= T_{JMAX}$x0.5 = 100ºC; di conseguenza $R_{JA}= (T_J-T_A)/P$=70/20ºC/W= 3,5ºC/W. Per quanto detto nel precedente paragrafo:

$R_{JC}= (T_{JMAX}$ -25ºC)/115 = [(200 - 25)/115]ºC/W = 1,52ºC/W

Infatti se la P_{DMAX} è 115W a 25ºC allora questa è la condizione in cui la giunzione raggiunge la sua massima temperatura ammissibile T_{JMAX} da cui il calcolo precedente. Per il package TO3 (**tabella 5**) senza mica si ricava R_{CD}= 0.12ºC/W in caso di impiego di silicone. In sua assenza è opportuno almeno raddoppiare la resistenza termica contenitore-dissipatore pertanto assumiamo R_{CD}=0,25ºC/W. Di conseguenza:

$R_{DA}= R_{JA} - R_{JC} - R_{CD}$ = (3,5 – 1,52 – 0,25)ºC/W = 1,73ºC/W

È allora necessario scegliere un dissipatore con resistenza termica inferiore ad 1,73ºC/W. Per concludere i calcoli è opportuno calcolare la temperatura prevista per il contenitore del transistore e per il dissipatore:

$T_C= T_A+P\times(R_{CD}+R_{DA})$=30ºC+20x(0,25+1,73)ºC=69.6ºC
$T_D=T_a+P\times R_{DA}$=30ºC+(20x1.73)ºC=64.6ºC

Riassumendo: dal datasheet del transistor si determina la massima potenza dissipabile P_{DMAX} e la massima temperatura di giunzione T_{JMAX}. Si verifica quindi la necessità del dissipatore: se RJA (in assenza di dissipatore) >$(T_J-T_A)/P_D$ ne consegue che la potenza termica da dissipare è eccessiva e che serve un dissipatore termico. Dal datasheet del componente o dalla sua curva di dereting si ricava R_{JC}. La R_{CD} può essere recuperata come valore tabellato in funzione del tipo di package e del tipo di contatto (diretto, con pasta siliconica, tramite mica, tramite gomma conduttiva e così via). La resistenza termica del dissipatore è allora data da: $R_{DA} = (T_J-T_A)/P_D-R_{JC}-R_{CD}$. Al termine dei calcoli occorre scegliere un dissipatore che abbia una resistenza termica R_{DA} inferiore rispetto a questo valore. Se il valore da rispettare risultasse tropo contenuto, il dissipatore potrebbe risultare eccessivamente ingombrante e potrebbe essere il caso di adottare un transistor con R_{JC} e R_{CD} più piccole oppure ricorrere ad una ventilazione forzata.

Esempio 2: Supponiamo di volere calcolare le condizioni di funzionamento di un dispositivo TO220 che non sia dotato di dissipatore, che lavori un ambiente a Ta 30°C e che dal datasheet risulti R_{JA} (in assenza di dissipatore) = 62,5[°C/W], R_{JC} = 1 [°C/W]. Si suppone T_{JMAX}=150°C. Evi-

Fiera dell'Elettronica e del Radioamatore

Gruppo delle Fiere Storiche di elettronica e radiantismo

GFS

25 e 26 settembre 2010

dalle ore 8.30 alle 18
Padiglioni Fiera Millenaria
Gonzaga (Mantova)

Fiera Nazionale.
Hardware, software,
componentistica, telefonia
ed elettronica di consumo

fachiro.com

Domenica 26 settembre
evento collaterale:

Car Audio Competition
Competizione nazionale per autoradio
Organizzato da dB Drag Racing Italia
e IASCA ITALIA

FIERA 1000 NARIA

Fiera Millenaria di Gonzaga srl
Padiglioni Fiera Millenaria
Via Fiera Millenaria 13, Gonzaga (MN)
T +39 0376 58098 **www.fieramillenaria.it**

CODICE MIP 2779275

Tabella 5-Resistenza termica Contenitore-Dissiptore per diversi tipi di package [1]

CONTENITORE	CON SILICONE [°C/W]	CON SILICONE E MICA [°C/W]
TO39	0,7	-
TO126	1	1,5
TO220	0,5	1,2
TO3	0,12	0,4

Tabella 6-Resistenza termica contenitore-ambiente per i tre tipi più comuni di contenitori per transistor

CONTENITORE	R_{CA} (°C/W)
TO3	30
TO220	70
TO5	150

dentemente la massima potenza dissipabile risulta:
P_{DMAX} = $(T_{JMAX}-T_A)/R_{JA}$ = [(150-30)/62,5]W=1,92 W

La massima temperatura del Case tisulta:$T_C=T_A+P_D x(R_{JA}-R_{JC})$= 30+1,92x(62,5-1)=148 °C. In realtà T_{JMAX}=150 °C è quella massima sopportabile dalla giunzione, quindi nella realtà sarà opportuno applicare ad essa un opportuno fattore di sicurezza K ($T_J=KxT_{JMAX}$) e rieseguire i calcoli. Se volessimo invece mantenere una temperatura massima del Case di 60 °C la massima potenza dissipata dovrebbe essere limitata a : $P_D=(T_C-T_A)/(R_{JA}-R_{JC})$=(60-30)/(62,5-1)=0,49W.

Esempio 3:Si consideri l'integrato LM317 (T_{JMAX}=125 °C, RJC=3 °C/W, RJA(in assenza di sissipatore)=50 °C/W; prevedendo una temperatura ambiente massima T_{amax}=30°C, si desidera determinare quale potenza è in grado di dissipare l'integrato in aria cioè senza dissipatore. Il calcolo è immediato dato che il costruttore ci fornisce già il corrispondente valore per R_{JA}:

P_{DMAX} = $(T_{JMAX}-T_{AMAX})/R_{JA}$ = [(125-30)/50] W= 1,9 W

Ovviamente, facendo dissipare all'integrato questa potenza in aria libera esso raggiungerà temperatura massima consentita di 125°C riducendone la vita utile, quindi nella realtà converrà fargli dissipare una potenza inferiore o in alternativa montarlo comunque su di un piccolo dissipatore.

Esempio 4: Si consideri ancora una volta l'integrato LM317 in contenitore TO220 (T_{JMAX}=125 °C, R_{JC}=3 °C/W, R_{JA}(in assenza di dissipatore)=50 °C/W). Si chiede quale resistenza termica debba avere il dissipatore affinché possa dissipare 15W di potenza termica; tra integrato e dissipatore non viene messo né grasso né l'isolante elettrico (temperatura ambiente massima prevista Tamax=30°C). Si consideri R_{CD}=2°C/W
Per prima cosa dalla si calcola:

$R_{JA(con\ dissipatore)}$= $(T_{JMAX}-T_{AMAX})/P_D$ = [(125-30)/15]°C/W W = 6,3°C/W

di conseguenza:
R_{DA} = $R_{JA}-R_{JC}-R_{CD}$ =(6,3-3-2)°C/W = 1.3°C/W

Impiegando del grasso al silicone tra dissipatore e componente si ottiene un grosso beneficio, in quanto R_{CD} diminuisce e quindi aumenta il valore accettabile per la resistenza termica del dissipatore che può essere di conseguenza scelto di dimensioni più contenute.

Esempio 5: Si vuole determinare per un transistor MJ4032 (contenitore TO3, TJMAX=200°C, R_{JC}=1,17°C/W), alla temperatura ambiente massima di 30°C, la massima potenza dissipabile in aria.

P = $(T_{JMAX}-T_{AMAX})/(R_{JC}+R_{CA}$ senza dissipatore) = (200-30)/(1.17+30) = 5,45 W

dove R_{ca} (senza dissipatore)=30°C/W è riportata in **tabella 6**.

Esempio 6: Un dispositivo a semiconduttore (contenitore TO3, T_{JMAX}=150°C dissipa 5 Watt di potenza termica. La massima temperatura ambiente prevista è 50 °C; si intende raffreddare il dissipatore in aria libera. Supponendo di fissare il dispositivo in modo da sfruttare una resistenza contenitore-dissipatore pari a 0,3 °C/W si vuole determinare il dissipatore termico. L'incognita è ovviamente:

$R_{DA}=(T_{JMAX}-T_{AMAX})/P_{DMAX}-R_{JC}-R_{CD}$=[(150-50)/5-1-0.3] °C/W =18,7 °C/W

dove la resistenza termica giunzione contenitore è stata assegnata utilizzando i dati di **tabella 4**.
Pertanto è necessario individuare sul catalogo un dissipatore con resistenza termica inferiore ai 18,7 °C/W.
Osservazione: per ridurre la resistenza R_{DA} non si può aumentare indefinitamente le dimensioni di un dissipatore e non solo per motivi pratici. Infatti un punto posto a grande distanza dalla sorgente risulta inutile ai fini della dissipazione a causa della propagazione del calore sempre più lenta man mano che ci si allontana dal dispositivo come i grafici di **figura 10** mostrano chiaramente.
I dissipatori commerciali sono per questo e non solo per motivi di occupazione costruiti da molte alette in modo da presentare la massima superficie possibile alla minima distanza possibile dal componente (sorgente di calore). In **figura 14** sono riportate le caratteristiche termiche tipiche di alcuni componenti.

OSSERVAZIONI

Le relazioni illustrate e impiegate vanno sempre adottate con spirito critico e avendo sempre presente il loro significato fisico. Per esempio, se il transistor si trova su di un circuito stampato collocato all'interno di un contenitore in cui la temperatura a regime è di 70°C a causa degli altri componenti presenti, nelle relazioni la temperatura ambiente sarà 70°C, e non 25°C, il che limita ovviamente la massima potenza dissipabile ($T_{JMAX}-T_A=P_{DMAX}xR_{JA}$). Ovviamente va tenuto in conto che non tutti i componenti permettono il fissaggio a un dissipatore, per cui in linea di massima per potenze superiori al watt è opportuno indirizzarsi verso componenti provvisti di flange di

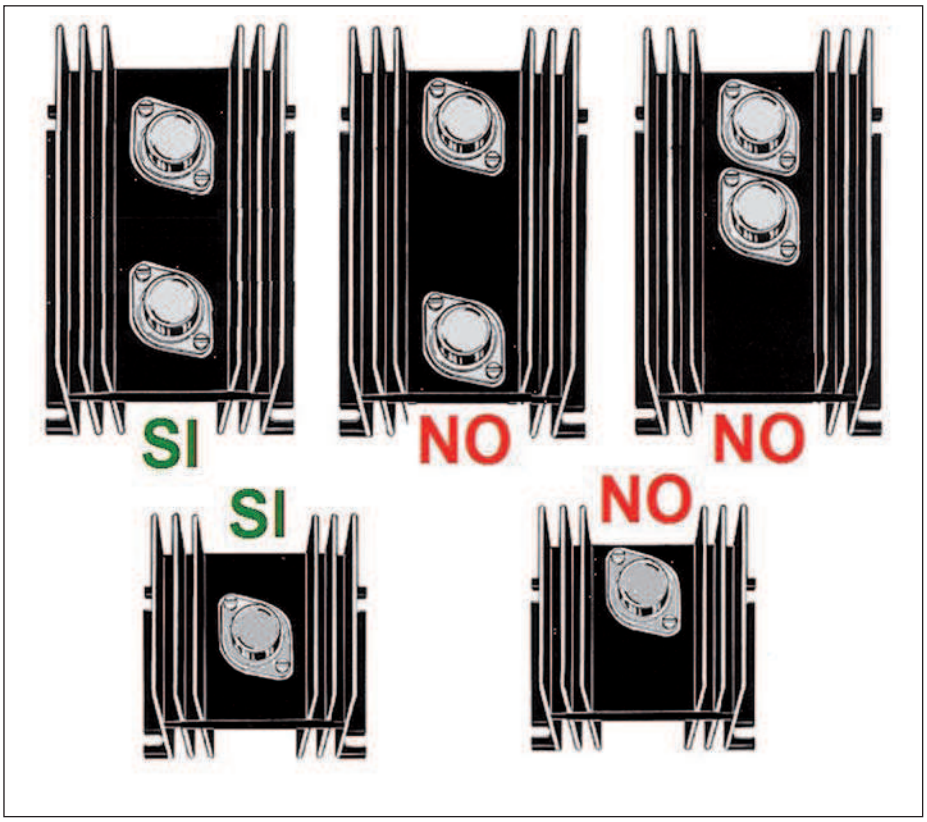


Figura 15: La posizione geometrica del componente rispetto al dissipatore può migliorare o peggiorare l'efficienza di smaltimento del calore verso l'ambiente circostante.

montaggio (es. package TO-220 e TO-3). In ogni caso, dopo aver determinato la resistenza termica del dissipatore, si dovrà considerare il fattore dimensioni. Tipicamente sui datasheet dei dissipatori in commercio sono riportate delle curve che esprimono la resistenza termica in funzione della lunghezza per un assegnato profilo (esempio: **figura 10**): tra i diversi modelli di dissipatore che potrebbero fare al caso, la scelta andrà eseguita in base alle dimensioni di ingombro, che dovranno essere compatibili con lo spazio disponibile ed al costo. In generale se si isola meccanicamente il dissipatore dal resto del circuito, attraverso un foglio di mica, la resistenza termica contenitore-dissipatore aumenta (**tabella 5**) per cui è necessario diminuire la resistenza termica R_{DA} e quindi mediamente aumentare le dimensioni del dissipatore. Va sottolineato che la potenza massima dissipabile, P_{DMAX} non va confusa con il valore di potenza P che il transistor è chiamato a dissipare realmente durante il suo normale funziona. Si tenga inoltre conto che il valore della resistenza termica ottenuta per il dissipatore può essere ridotta con un'opportuna ventilazione che permette di ridurre il valore della R_{DA} con una legge simile a quella diagrammata in **figura 13**. Se si considera di normalizzare la resistenza termica in modo che essa presenti valore unitario in assenza di ventilazione, la suddetta figura descrive la diminuzione della resistenza termica del dissipatore all'aumentare della velocità del flusso di aria. Dall'osservazione delle **figure 9** e **10** è possibile dedurre due concetti ovvi: il primo è il progressivo calo del valore della resistenza termica all'aumentare delle dimensioni, il secondo è l'andamento pressocché parabolico della resistenza termica all'aumentare della lunghezza del profilato. È importante osservare che al di sopra di una certa lunghezza del dissipatore (ad esempio sopra i 10-20 centimetri) il valore di R_{DA} cala molto lentamente. I fogli tecnici dei dissipatori precisano inoltre che il grado di finitura superficiale dei profilati si rivela in grado di influenzare la dissipazione per irraggiamento. I dissipatori sono normalmente in alluminio anodizzato nero opaco. Nel caso di superfici lucide o grezze l'efficienza del dissipatore si riduce e la resistenza termica aumenta di circa il 10 %. È inoltre opportuno ricordare che i valori di R_{DA} riportati nei datasheet sono riferiti a montaggio del dissipatore con alette disposte in verticale. In caso contrario sarà necessario incrementare opportunamente il valore di circa il 20%.

Considerazioni ovvie portano ad osservare che nel caso di dissipatore rettangolare è consigliabile il montaggio col lato minore in verticale. Non è inoltre raro fissare il package del componente di potenza direttamente alla lamiera del contenitore in cui l'apparato è inserito. Nel caso in cui la potenza applicata al dispositivo non sia continua bensì a impulsi, il calcoli sono ovviamente più complessi ed i risultati sono fortemente dipendenti dal duty-cycle degli stessi impulsi. Per tener conto di questi casi molti costruttori forniscono un grafico che riporta la variazione della resistenza termica al variare della durata degli impulsi applicati per diversi valori di duty-cycle.

CONSIDERAZIONI PRATICHE SUL CALCOLO DELLA POTENZA DISSIPATA

Regolatore per alimentatore. Se si vuol calcolare la potenza che deve dissipare un regolatore impiegato in uno stadio di alimentazione stabilizzato è possibile moltiplicare la differenza tra tensione in ingresso e di uscita per la corrente massima che si prevede di prelevare dallo stesso regolatore. Per esempio, se la tensione in ingresso è pari a 18V e si intende prelevare in uscita 12V con una corrente massima di 3A è necessario considerare una potenza da dissipare pari a (18V-12V)*3A=18W.

Evidentemente, l'over-voltage presente tra ingresso ed uscita comporta al suo aumentare ed a parità di corrente, una potenza da dissipare via via maggiore.

Si comprende anche che quando si ha un alimentatore stabilizzato con tensione di uscita regolabile in un determinato range, come accade per esempio negli stadi che impiegano regolatori come l'LM317, più la tensione in uscita viene ridotta, maggiore deve essere, a parità di corrente, la potenza da dissipare, pertanto essendo fisso il dissipatore accade che riducendo la tensione in uscita non si può continuare a garantire la stessa corrente in uscita ma questa deve essere necessariamente ridotta.

Amplificatore in classe A. In un amplificatore in classe A, sia in assenza che in presenza di segnale la corrente assorbita dal transistor dello stadio finale non varia di molto. Il prodotto della tensione di alimentazione dello stadio finale per la corrente massima assorbita può essere considerata come la potenza da dissipare. Se per esempio la tensione di alimentazione è pari a 24V e la corrente assorbita è pari a 1A la potenza da dissipare sarà pari a 24W ed in base a questo valore sarà necessario dimensionare il dissipatore termico.
Amplificatore in classe AB. In questo caso la potenza assorbita a riposo è trascurabile . La tensione di alimentazione e la corrente assorbita ancora una volta determinano la potenza da dissipare, tuttavia in questo caso sarà necessario tenere conto che la potenza così calcolata viene dissipata ripartita tra due transistor che formano lo stadio di uscita.
Transistor di commutazione in uno stadio alimentatore switching. Notoriamente, i transistor utilizzati negli stadi di commutazione degli alimentatori switching non hanno bisogno di aletta di raffreddamento o hanno bisogno di alette di raffreddamento di ridotte dimensioni. Infatti essi lavorano alternativamente tra completa conduzione e completa interdizione ed anche se erogano elevate correnti la caduta di tensione tra ingresso ed uscita è sempre piuttosto contenuta.
Processori. Il problema del raffreddamento dei microprocessori e degli integrati digitali ad alta integrazione è molto importante poiché la potenza dissipata è proporzionale alla frequenza di funzionamento e sappiamo bene come non solo l'integrazione ma anche i clock negli ultimi anni hanno raggiunto valori sempre maggiori (si pensi ai processori per PC). Per questo è obbligato l'uso di un dissipatore con molte alettature e dotato di ventola in grado di smaltire anche svariate decine di watt senza necessitare di dimensioni eccessive.

CONSIDERAZIONI PRATICHE ULTERIORI E CONCLUSIONI

Abbiamo visto che il dimensionamento dei dissipatori termici in elettronica rispecchia una descrizione fisica ed un modello matematico ben preciso. Nonostante tutto non è inusuale da parte dei progettisti impiegare un approccio al problema ancora più diretto e pratico. Il progettista infatti molto spesso sceglie l'aletta di raffreddamento in funzione della potenza da dissipare sulla base dell'esperienza. Successivamente sottopone il circuito prototipo ad un funzionamento continuato per un tempo sufficientemente lungo tanto da poterlo considerare a regime da un punto di vista termico, quindi rileva la temperatura raggiunta dall'aletta. Se l'aletta non supera 50°C molto probabilmente il corpo del componente non supera i 60-70°C e si può ritenere che il raffreddamento sia sufficiente, diversamente può essere opportuno aumentare le dimensioni del dissipatore o sostituirlo con uno che presenti minore resistenza termica. Ovviamente, l'impiego di una sonda di temperatura può essere utile nelle misure. Se si tocca con un dito il dissipatore o il corpo del dispositivo e si constata che pur essendo caldo non ci si scotta allora sicuramente non vi è alcun problema di natura termica, se invece ci si tende a scottare è necessario comprendere quanto elevata sia la temperatura. Al di là di queste considerazioni, quando si monta una aletta di raffreddamento su di un dispositivo è necessario che questo si trovi quanto più possibile al centro del dissipatore. Inoltre se si montano due dispositivi che dissipano la stessa potenza sullo stesso dissipatore, è necessario immaginare di suddividere in due l'aletta e di disporre ciascuno dei due componenti nel punto centrale delle due parti (**figura 15**). Inoltre, se il dispositivo si trova all'interno di un cassetto è opportuno che il dissipatore fuoriesca dal cassetto in maniera tale che la dissipazione sia più efficiente. Se invece il dissipatore è interno al case è opportuno che questo sia dotato di superficie superiore forata. È opportuno, inoltre, non interporre mai due strati di mica tra componente e dissipatore ma al massimo una sola pena il raddoppio della resistenza termica componente-dissipatore. Se si dota il case di ventola è opportuno che essa, estragga l'aria calda espellendola all'esterno e non il contrario. Se non si usa mica tra il dispositivo e l'aletta è opportuno assicurarsi che questa non sia in contatto con la carcassa metallica del case visto che spesso la giunzione del collettore che è quella che genera maggiore calore viene connessa al corpo del componente.
Se il dissipatore viene disposto con le alette orizzontali invece che verticali, la resistenza termica può facilmente raggiungere valori compresi di circa il 20 ed il 40% in più rispetto al valore indicato. Quando si dimensiona un dissipatore inoltre si dovrebbe sempre basare il calcolo sulla massima potenza che il dispositivo a semiconduttore potrebbe trovarsi a dover dissipare e per la massima temperatura ambiente prevista.
Concludiamo segnalando che esistono molti siti web che possono essere di aiuto nel dimensionamento e nella scelta di un dissipatore. Molti di essi presentano una pagina di calcolo in cui è possibile inserire i dati del problema ed avviare il calcolo automatico per la determinazione del dissipatore. Per motivi di spazio evitiamo di discuterne in dettaglio; ci limitiamo a segnalare che sull'articolo [4] che potete trovare sulla versione italiana di uno degli ultimi numeri di Elektor è trattato proprio questo argomento. ❑

CODICE MIP 2772624

PER *approfondire...*

[1] I dissipatori di calore- Enciclopedia di elettronica (teoria, tecnica e pratica), Peruzzo Editore
[2] Resistenza termica (http://it.wikipedia.org)
[3] Limiti di funzionamento dei transistori di potenza (par. 9.2 del cap.10-Manuale di elettronica e telecomunicazioni)- G. Biondo, E. Sacchi
[4]Tailored Cooling-On-line help for heatsink dimensioning -Harry Baggen (Elektor Netherlands Editorial)

assodel
Associazione Nazionale
Fornitori Elettronica

SOLAR TECHNOLOGIEfS - A Fortronic Forum
è il Forum della componentistica e dei sistemi dedicati al fotovoltaico.
Un incontro tra addetti ai lavori di informazione e di approfondimento sullo stato dell'arte e sugli sviluppi in corso.

È il Forum Assodel per:
- capire le evoluzioni tecnologiche
- conoscerne i parametri determinanti
- valutarne i benefici di applicazione
- identificare le soluzioni "ad hoc"

L'evento è indirizzato a tutti coloro che vogliono:
- analizzare il mercato: *manager*
- specializzarsi nel comparto: *tecnici*
- "misurare" l'impianto: *installatori*
- dimensionare gli investimenti: *utenti*

Il Forum risponde e approfondisce:
- nuovo conto energia (come accedere, aspetti normativi, nuove direttive)
- allacciamento alla rete (normative e standard)
- efficienza dell'impianto nei suoi vari aspetti (vita dei pannelli, manutenzione, connessione alla rete)
- problema dell'availability

FORUM
Un evento "workshop" articolato su più sessioni con interventi selezionati dal Comitato Tecnico Assodel.
Strutturato per fornire ad un audience competente aggiornamenti tecnologici e novità di prodotto.

AREA COMMUNITY
Uno spazio di relazione tra domanda e offerta (sale convegni, aree demo, desk aziendali), dedicato alle soluzioni e alle proposte delle aziende partecipanti.

EDUCATIONAL
Seminari hi-tech pomeridiani per un indirizzo formativo e il trasferimento di competenza applicativo-progettuali ai tecnici partecipanti.

International partner

ELETTRIMPEX

con il supporto di

RegioneLombardia · Camera di Commercio Milano

FORTRONIC
the electronic community

SOLAR FORTRONIC TECHNOLOGIES
an electronics forum

14 OTTOBRE 2010
MILANO

I EDIZIONE
organizzato da
ASSODEL
Associazione Nazionale Fornitori Elettronica

14 OTTOBRE 2010
MILANO
CROWNE PLAZA HOTEL
Via Adenauer 3 - San Donato M.se
partecipazione gratuita, previa registrazione
www.solartechnologiesforum.it
www.fortronic.it

Informazioni e segreteria
Irma Garioni Tel 02 210 111 236
e-mail: i.garioni@tecnoimprese.it

Via Console Flaminio 19 - 20134 Milano
Tel 02 210.111.1 • Fax 02 210.111.222
cons@tecnoimprese.it • www.tecnoimprese.it

EVENT PROMOTER:
Solar & Lighting Revolution · Farnell

IL MIO *primo* AM

Scopo di questo articolo è quello di scoprire i principi che stanno alla base del più semplice ricevitore radio in modulazione di ampiezza (AM), proponendo anche la costruzione di un semplice circuito radio nella gamma delle onde medie con componenti a basso costo e facilmente recuperabili

Il circuito radio ha da sempre esercitato un particolare fascino sugli appassionati di elettronica: ascoltare in cuffia o in altoparlante il debole suono di un'emittente radio che ha viaggiato nell'etere percorrendo una considerevole distanza, rappresenta senza ombra di dubbio un'esperienza emozionante e gratificante. Se poi il ricevitore radio, per quanto semplice e spartano possa essere, è stato autocostruito, l'esperienza diventa anche un utile esercizio teorico-pratico e può anche far nascere maggiori ambizioni, come quella, perchè no, di diventare in futuro un radioamatore. In questo articolo verranno anzitutto esaminati i concetti teorici fondamentali che stanno alla base della ricezione radio AM, descrivendo anche i blocchi funzionali che compongono un semplice ricevitore radio. Si passerà poi ad una fase prettamente pratica, in cui verrà proposto un circuito di facile realizzazione con il quale si possono ricevere i segnali radio delle emittenti che trasmettono con maggiore potenza.

GLI STADI PRINCIPALI DELLA RADIO

Un apparato radio ricevente ha fondamentalmente il compito di trasformare il segnale ricevuto sotto forma di onde elettromagnetiche di una certa frequenza in un segnale audio (quindi onde sonore comprese nella gamma audio percebile dall'orecchio umano, cioè da 20 Hz fino a circa 20 kHz) e di riprodurlo tramite un piccolo altoparlante oppure una cuffia.
Gli stadi principali che compongono un circuito radio, riscontrabili in tutti i tipi di apparecchiature da quelle più semplici e spartane a quelle più sofisticate, sono essenzialmente quattro: l'antenna, il circuito di sintonia, il circuito di rivelazione, il circuito di amplificazione. Vediamo ora ciascuno di questi stadi in dettaglio.

L'antenna

L'antenna è il punto di ingresso nella radio delle onde elettromagnetiche, rappresentate da segnali in alta frequenza, o semplicemente, segnali AF. Quando l'antenna viene colpita dalle onde radio, tra essa e terra si crea una differenza di po-

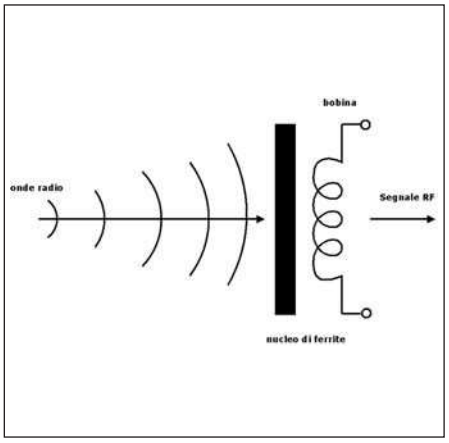


Figura 1: l'antenna

Figura 2: il condensatore variabile

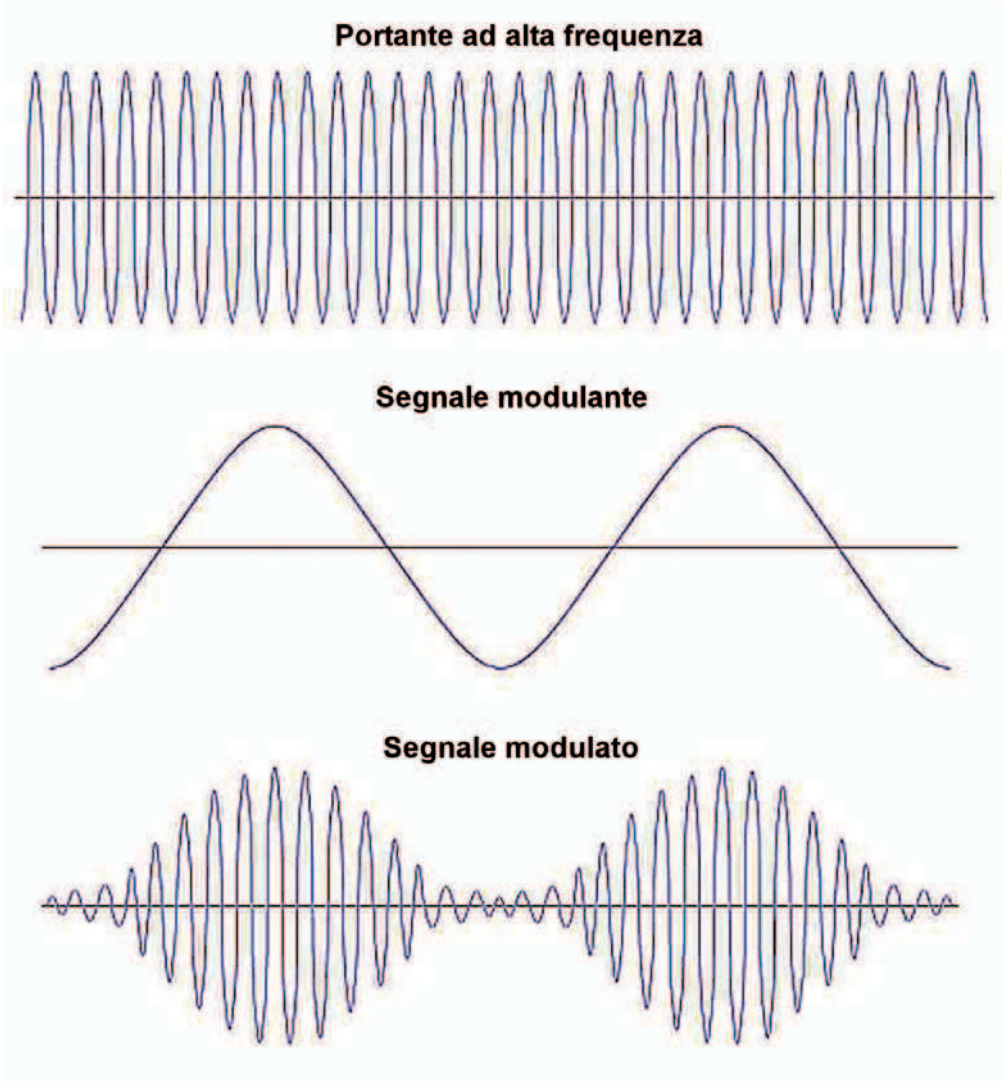


Figura 3: la modulazione d'ampiezza

tenziale, di intensità più o meno elevata, che viene convogliata nel circuito d'ingresso della radio.
Esistono numerosi tipi di antenne, che differiscono tra loro per la forma, le dimensioni, e la gamma di frequenze su cui sono in grado di operare.
Nel nostro caso ci soffermiamo su un particolare tipo di antenna, particolarmente diffuso nei ricevitori radio portatili di piccole dimensioni: l'antenna in ferrite. Come dice il nome stesso, essa è costituita da un nucleo di ferrite (una barretta lunga qualche centimetro, di forma cilindrica oppure piatta il cui materiale viene ottenuto da un impasto di materiali ferromagnetici) sulla quale vengono avvolte un certo numero di spire di filo di rame. Il nucleo di ferrite ha il compito di captare i deboli segnali radio e, per induzione, provoca la formazione di una tensione, anch'essa di debole intensità, ai capi dell'avvolgimento detto anche bobina (**figura 1**). Nel nostro caso, realizzeremo un'antenna finalizzata espressamente per la gamma delle onde medie, la quale risulta compresa tra i 540 kHz e i 1600 kHz; occorre osservare come per questa gamma l'antenna in ferrite sia particolarmente indicata, mentre essa diventa inefficente e praticamente sconsigliata per frequenze più elevate. Per quale motivo si usa la barretta di ferrite? Non sarebbe sufficiente realizzare l'antenna avvolgendo le spire in aria?
La risposta alla seconda domanda è affermativa, tuttavia si utilizza la ferrite perchè questa ha il pregio di aumentare considerevolmente l'induttanza risultante dell'antenna; in altre parole, se si impiega la ferrite è richiesto un numero inferiore di spire per realizzare la bobina, con vantaggi considerevoli in termini di ingombro e praticità (nel nostro caso è anche più facile da realizzare).

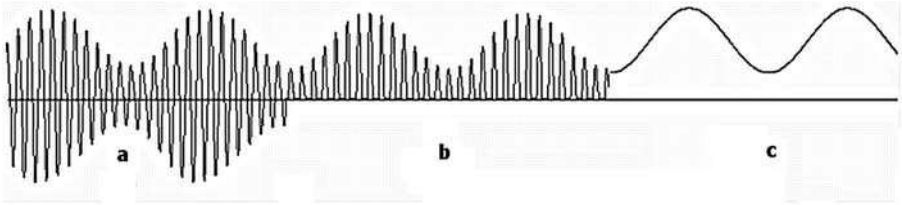


Figura 4: il processo di rivelazione

Il circuito di sintonia

L'antenna in ferrite sulla quale è avvolta la bobina permette di captare una moltitudine di segnali radio, all'interno di una certa banda di frequenze. Il processo attraverso il quale, volta per volta, si seleziona una particolare frequenza per l'ascolto viene indicato con il termine "sintonizzazione": il suo scopo è quello di far transitare attraverso gli stadi successivi della radio una sola frequenza appartenente alla banda.

Come viene realizzata la sintonia? Nel nostro semplice ricevitore ciò avviene adottando uno schema classico, largamente utilizzato a livello commerciale negli anni passati, ed oggi ancora diffuso tra gli appassionati di elettronica ed i radioamatori: il condensatore variabile. Come dice il nome stesso, si tratta di un condensatore in grado di variare il proprio valore di capacità entro un certo range prefissato, agendo meccanicamente su un perno collocato al proprio centro: ruotando questo perno, viene infatti variata la superficie delle lamine del condensatore e, pertanto, la sua capacità.

Il circuito di sintonia è composto dall'unione della bobina e del condensatore, ottenendo pertanto un circuito LC (C è la capacità del condensatore, ed L l'induttanza della bobina).

Il condensatore variabile, a differenza di quello fisso, è composto da più lamine metalliche affacciate tra loro: una parte di queste lamine rimane ferma e costituisce il cosiddetto "statore", mentre un altro gruppo di lamine è mobile e compone il "rotore". Agendo sul perno del condensatore, si pone in movimento il rotore, facendo sì che le lamine mobili si affaccino, più o meno, alle lamine fisse: in questo modo varia con continuità il valore capacitivo del condensatore, che viene appunto detto "variabile". In **figura 2** è mostrato un condensatore variabile miniatura dello stesso tipo utilizzato per realizzare il semplice ricevitore radio proposto nell'articolo. Il circuito LC viene anche detto circuito "accordato", in quanto esso è caratterizzato da una ben precisa frequenza di risonanza: quando il segnale che entra nel circuito radio ha frequenza pari a quella di risonanza del circuito LC, esso viene "intrappolato" e può proseguire verso gli stadi successivi della radio. Anche in questo caso, non entriamo nel merito della trattazione teorica, tuttavia è utile ricordare la formula che esprime il valore della frequenza di risonanza f_{res} in funzione della risonanza L e della capacità C:

$$f_{res} = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$$

L'impedenza del circuito di sintonia è molto elevata alla frequenza di risonanza e molto bassa in corrispondenza di tutte le altre frequenze: ciò significa che soltanto la frequenza sulla quale il circuito LC è sintonizzato verrà catturata dal circuito.

Lo stadio di rivelazione

Come accennato in precedenza, il tipo di modulazione adottato per le trasmissioni nella banda alla quale siamo interessati, quella delle onde medie, è la modulazione di ampiezza (AM).

Con questo tipo di modulazione, viene fatta variare (viene cioè "modulata") l'ampiezza del segnale che si intende impiegare per la trasmissione (detto "portante") in modo proporzionale all'ampiezza del segnale che si vuole trasmettere, quello cioè che contiene le informazioni utili sotto forma di suoni e voci (detto "modulante"). Senza entrare nel merito della trattazione matematica, possiamo riassumere le forme d'onde coinvolte nel sistema di modulazione d'ampiezza come mostrato in **figura 3**. Ricordiamo inoltre che la modulazione con una portante di alta frequenza è necessaria per permettere al segnale irradiato nell'etere di percorrere lunghe distanze o, come si dice, per "propagarsi", consentendo di utilizzare, nello stesso tempo, delle antenne di dimensioni contenute, e contenendo la dispersione ed i disturbi del segnale lungo il tragitto.

Il segnale modulato è quello captato dall'antenna e che attraversa il circuito di sintonia quando questo risulta sintonizzato sulla sua frequenza.

A questo punto, sul ricevitore, occorre applicare il procedimento opposto a quanto eseguito con la modulazione in fase di trasmissione: partendo quindi dal segnale modulato di alta frequenza occorre risalire al segnale originale trasmesso (modulante, di bassa frequenza), separandolo dalla portante.

Questo processo, relativamente al tipo di modulazione AM, prende il nome di "rivelazione". Il più semplice tipo di rivelatore, che è anche quello prescelto per il nostro ricevitore, è di tipo passivo e si basa sull'utilizzo di un diodo, più precisamente un diodo al germanio (Ge). Più precisamente, il circuito rivelatore è composto da un diodo al Ge, seguito da un filtro passa-basso di tipo RC. Facciamo ora riferimento alla **figura 4**, nella quale sono mostrate le forme d'onda relative allo stadio di rivelazione. In **figura 4a** è visibile il segnale di alta frequenza in uscita dal circuito di sintonia; in **figura 4b**, in-

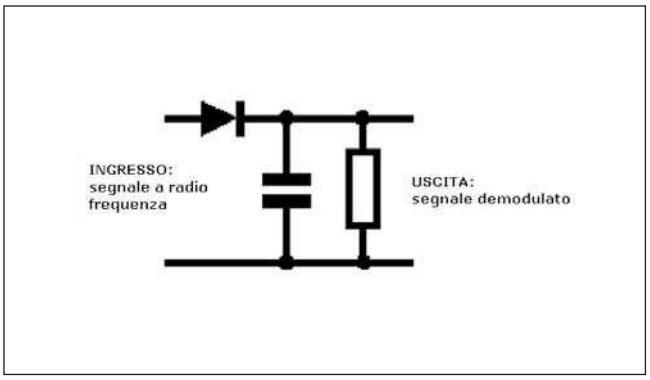


Figura 5:circuito rivelatore a diodo

vece, compare lo stesso segnale dopo che esso ha attraversato il diodo al germanio: in pratica quest'ultimo lascia transitare solo le semionde positive, svolgendo la prima fase del processo di rivelazione.
Questo segnale "rivelato" non è ancora, tuttavia, un segnale di bassa frequenza pronto per essere amplificato: infatti le semionde contengono ancora delle componenti ad alta frequenza che debbono essere completamente eliminate; in caso contrario, esse verrebbero amplificate creando disturbi nella fase di ascolto. Il filtro passa-basso formato dal condensatore C e dalla resistenza R completa poi il processo, convogliando verso terra tutte le componenti del segnale radio aventi alta frequenza: in pratica, il segnale che si presenta all'uscita dello stadio di rivelazione (come mostrato in **figura 4c**) è ora un segnale di bassa frequenza corrispondente a quello trasmesso (anche a notevole distanza) dalla stazione o dal ripetitore radio.
Per quale motivo si utilizzano diodi al germanio anzichè i più comuni e tradizionali diodi al silicio? Il motivo è molto semplice: i diodi al germanio hanno la proprietà di presentare una barriera di potenziale (detta anche "tensione di soglia") molto bassa, e sensibilmente inferiore rispetto a quella dei diodi al silicio (mediamente 0.1V contro i circa 0.7V del diodo al silicio). In questo modo, solo una minima parte del segnale radio viene ridotta, come valore di tensione, dal diodo al germanio. In **figura 5** è mostrato lo schema equivalente del circuito rivelatore a diodo, mentre in **figura 6** è mostrato un modello di diodo al germanio.

L'amplificatore

I segnali radio rivelati sono segnali di debole intensità, quindi con ampiezza molto ridotta e non sufficiente in genere a pilotare una cuffia o un piccolo altoparlante. Per questo motivo, i segnali devono essere rinforzati, cioè, come si usa dire in termini tecnici, "amplificati", in modo tale che la loro ampiezza venga aumentata in modo adeguato.

UN SEMPLICE RICEVITORE

Vediamo ora in dettaglio il semplice circuito del ricevitore radio, le cui componenti sono state descritte ed illustrate nei paragrafi precedenti. Lo schema elettrico è visibile in **figura 7** ed è contraddistinto, appunto, da una semplicità

NUOVA ORGANIZZAZIONE
FIERA DELL'ELETTRONICA
INFORMATICA E RADIANTISMO
Mostra Mercato Mondo Elettronica.net
Informatica - PC - Hardware
Software - Telefonia - Digitale
Surplus - TV-SAT - FOTOGRAFIA
Videogames - Componentistica
DISCHI E CD - Materiali di consumo - LCD - Radiantismo - HI-FI - Mp3 - Mp4 - Accessori - Hobbistica
9-10 OTTOBRE 2010
FIERA DI FERRARA
Via della Fiera, 11
Autostrada A13 uscita "Ferrara sud"
ORARIO 9-18,30
NUOVA ORGANIZZAZIONE
Exposition SERVICE
Cell. 348 9030832
info@expositionservice.it
www.mondoelettronica.net
VALE COME RIDOTTO
ANCHE IN FOTOCOPIA
CODICE MIP 2779667

Figura 6:un diodo al germanio

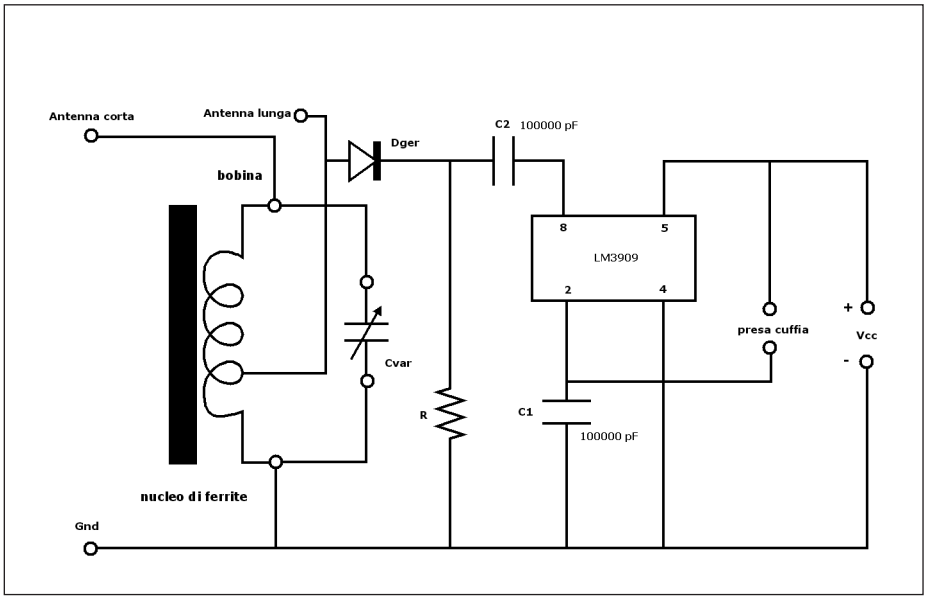


Figura 7:schema elettrico del ricevitore

estrema. Il numero di componenti utilizzati è modesto e sono tutti di facile reperibilità, essendo comunque adatti anche componenti recuperati da precedenti montaggi o da apparecchiature poste in disuso. I condensatori C_1 e C_2 devono essere necessariamente di tipo ceramico, mentre il condensatore variabile C_{var} è del tipo miniatura con capacità variabile tra 50 e 500 pF (va comunque bene anche uno con capacità 100-400 pF). Se il condensatore variabile è dello stesso tipo di quello mostrato in **figura 2** (cioè con tre terminali) occorre saldare tra di loro i terminali 1 e 2 in modo tale da utilizzare una sola sezione delle due disponibili sul condensatore (il terminale numero 2, quello centrale, corrisponde al pin comune di massa delle due sezioni del condensatore variabile). Per quanto riguarda il diodo al germanio, D_{ger}, va bene in linea di principio qualunque modello; eventualmente, se possibile, sarebbe preferibile selezionarne uno, tra diversi disponibili, in modo tale che esso offra il più basso valore di tensione di soglia (quest'operazione può essere compiuta solo sperimentalmente). Particolare attenzione merita invece la costruzione dell'antenna in ferrite (si può anche usare un'antenna già predisposta per le OM, se disponibile). In questo caso è necessario disporre di una barretta cilindrica di ferrite del diametro di 8 mm e con una lunghezza pari a 15 cm (queste dimensioni sono standard per le antenne impiegate nelle radioline portatili, comunque la lunghezza può anche essere inferiore). La bobina viene invece realizzata avvolgendo 80 spire di filo di rame smaltato del diametro di 0,3 mm. Al fine di mantenere ben aderenti le spire al nucleo di ferrite, è consigliabile bloccare gli estremi della bobina con della colla a caldo, in modo tale da ottenere una struttura solida e facilmente maneggevole. Come stadio di amplificazione si usa un integrato LM3909, impiegato in veste di semplice amplificatore lineare, ma potete usare un qualunque altro amplificatore già in vostro possesso, o realizzarne uno con l'LM386, ad esempio. Uno dei vantaggi di questo componente è quello di funzionare anche con tensioni di alimentazione molto ridotte. Per quanto concerne il collegamento di terra (G_{nd} nello schema), è sufficiente collegare uno spezzone di filo conduttore ad una tubazione dell'acqua, oppure, se ci si trova all'aperto, collegare il filo ad un palo metallico conficcato nel terreno. Per quanto concerne invece l'antenna, si può crearne una rudimentale stendendo alcuni metri di filo tra due pareti o sul balcone; anche qui, se si ha la possibilità di operare all'aperto, si possono realizzare antenne anche di dimensioni maggiori. Inutile dire che, per questo tipo di ricevitore estremamente semplice e dalle prestazioni modeste, una buona messa a terra e una buona antenna sono dei requisiti fondamentali. È inoltre possibile ricavare una presa di antenna su una spira intermedia, oltre a quella già presente (ad esempio a circa un terzo del numero di spire, contate a partire dal lato "massa"): talvolta, infatti, collegando l'antenna a questa presa intermedia, si ottiene una ricezione migliore o si possono ricevere altre emittenti in onde medie. L'ascolto, infine, avviene tramite una comunissima cuffia, del tipo utilizzato per i lettori multimediali portatili.

CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo visto i principi fondamentali che stanno alla base di un circuito radio, in particolare ci siamo soffermati sulla ricezione delle onde medie in modulazione di ampiezza. È stato anche proposto un semplice circuito radio basato sull'utilizzo di un diodo al germanio come rivelatore ed un condensatore variabile per la sintonia. Per evitare che nel lettore si creino delle facili illusioni, occorre premettere che il ricevitore proposto è molto semplice, la qualità della ricezione prodotta abbastanza modesta, e la sensibilità dipende fortemente dalla zona in cui lo si fa operare: in aree aperte non chiuse da edifici, e in prossimità di emittenti ad onde medie, è comunque possibile ricevere le emittenti "broadcast" che trasmettono nella banda delle onde medie (ad esempio i canali radio nazionali) e che solitamente trasmettono con potenze di diversi kilowatt. Occorre inoltre ricordare che la qualità della ricezione aumenta nelle ore notturne, durante le quali si hanno meno disturbi a radiofrequenza. ❑

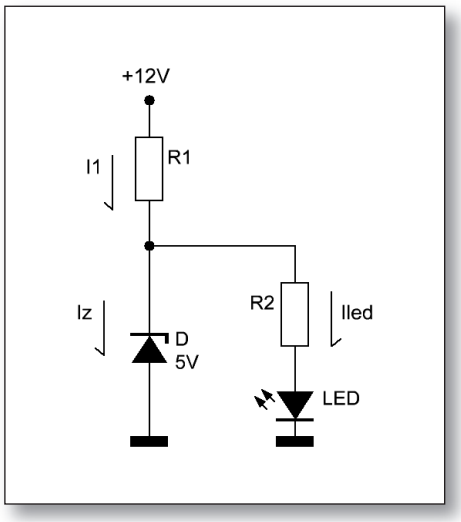
CODICE MIP 2772684

elettro quiz 303

rispondi & vinci

Le risposte ai quiz "Base" e "Avanzato" vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave **"Thevenin"**.

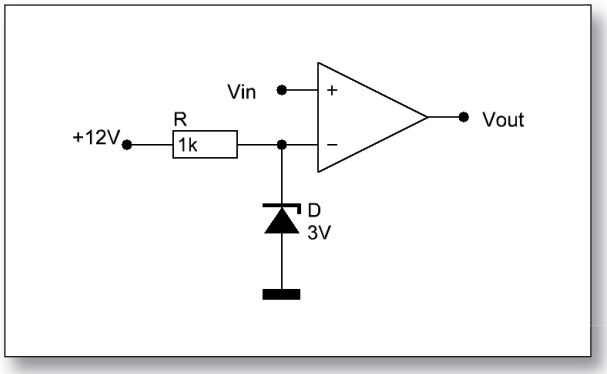
Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista. A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it



Se rispondi correttamente potrai vincere il simpatico portachiavi di Fare Elettronica.

base

Nel circuito di figura è stato impiegato un diodo zener da considerarsi ideale ed un LED con tensione di conduzione di 1,2V.
Quale dovrà essere il valore di R1 e R2 affinché sia nello zener che nel LED scorra una corrente di 10mA?



Per i più bravi in palio il gilet reporter.

avanzato

L'operazionale utilizzato nel circuito in figura è ideale, alimentato con tensione duale di 12V e la tensione di ingresso Vin è una sinusoide di ampiezza 10V e frequenza 1KHz. In queste ipotesi quali delle seguenti affermazioni sono vere?

A) L'uscita è una sinusoide
B) L'uscita è un'onda quadra
C) L'uscita è un'onda quadra di frequenza 1KHz
D) L'uscita è un'onda quadra di ampiezza 3V

l'angolo di Mr A.KEER

Moltiplicatori

Dopo i sommatori e i sottrattori, dopo la sofisticata ALU, terminiamo con i moltiplicatori la rassegna delle macchine combinatorie a supporto delle operazioni aritmetiche.

Nelle puntate precedenti abbiamo potuto evidenziare l'importanza dei sommatori aritmetici, non solo al fine di assicurare (ovviamente) l'addizione degli operandi binari, ma anche per poter esercitare la loro eventuale differenza; vedremo ora che gli stessi componenti saranno coinvolti anche nel calcolo del prodotto.

MOLTIPLICATORI "SHIFT AND ADD"

La moltiplicazione dei numeri (decimali) è sempre stata fatta (almeno fino all'avvento delle benedette/sciagurate calcolatrici tascabili) con quel particolare metodo che moltiplica il moltiplicando per ciascuna cifra del *moltiplicatore* (a cominciare da quella meno significativa) e poi somma i prodotti così ottenuti, dopo averli spostati di una posizione verso sinistra.
Lo stesso metodo è utilizzabile anche per la moltiplicazione di numeri binari positivi (o senza segno) a più bit, spesso definito "*repeated left-shift and add*" (sinteticamente "*shift and add*", per ribadire la sequenza di operazioni necessarie per ottenere il risultato; possiamo fissare le idee con un esempio concreto, supponendo di voler moltiplicare $A=(1010)_2=(10)_{10}$ per $B=(1101)_2=(13)_{10}$; la **figura 1** riassume visivamente operandi e *prodotto finale*, $A*B=(10000010)_2=(130)_{10}$.
Già osservando lo schema di questa operazione appare evidente la struttura del circuito necessario per realizzarla: bisogna anzitutto predisporre delle reti in grado fornire ciascuno dei 4 *prodotti parziali*, moltiplicando uno dopo l'altro ciascun bit del *moltiplicatore* con tutti quelli del moltiplicando.
È importante sottolineare che questi prodotti aritmetici sono soggetti alle stesse regole del prodotto logico, per cui ciascuno di essi potrà essere realizzato con una AND a 2 ingressi; se ancora ce ne fosse bisogno, la **figura 2** offre una possibile soluzione, mostrando il *primo prodotto parziale* relativo al moltiplicando per (=AND) il bit meno significativo del *moltiplicatore*.
La stessa batteria di 4 AND andrà bene anche per gli altri; possiamo notare che ciascuno di essi sarà uguale al moltiplicando (se il bit corrente B_n del *moltiplicatore* è uguale a 1) oppure ad una stringa di bit tutti a 0 (se bit $B_n=0$).
Per disporre del risultato finale bisogna ora operare la somma dei 4 *prodotti parziali*, non prima di aver spostato verso sinistra di un bit i 3 più significativi, in accordo con le regole dell'algoritmo; ricordiamo che operare uno *shift* a sinistra di un numero binario equivale in moltiplicarlo per 2.
La **figura 3** mostra gli elementi necessari e sufficienti per operare la somma dei primi due *prodotti parziali*: bastano 2 HA e 2 FA; da notare che il prodotto (AND) dei bit meno significativi di entrambi gli operandi non è coinvolto nella somma e diventa immediatamente il bit meno significativo del risultato.

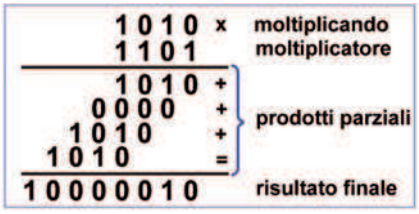


Figura 1: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers: Esempio

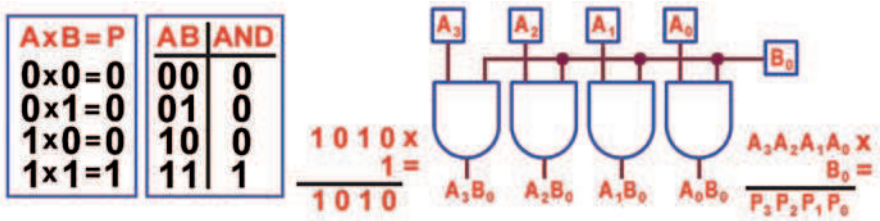


Figura 2: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers: Primo prodotto parziale

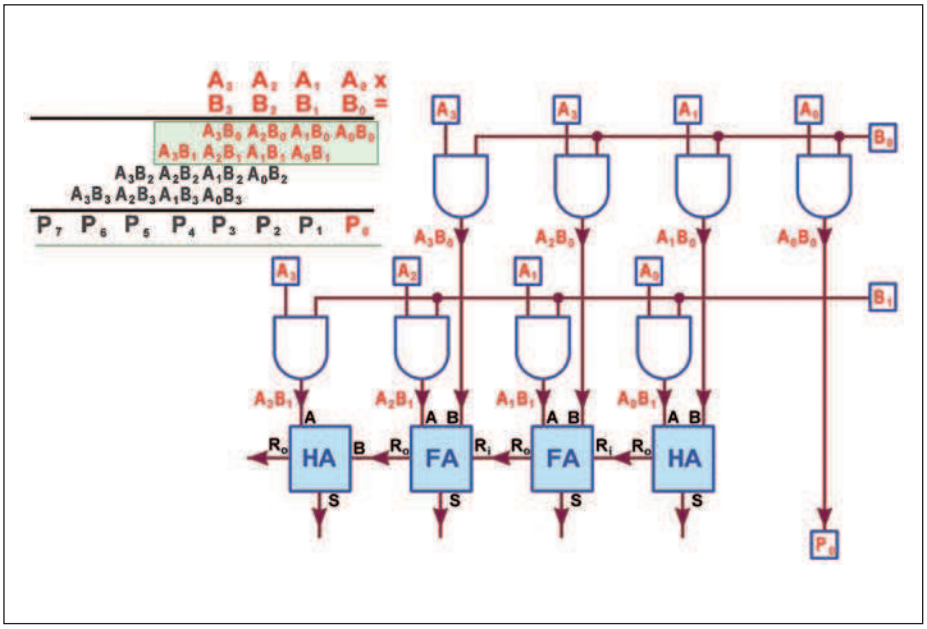


Figura 3: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers: Somma dei primi 2 prodotti parziali

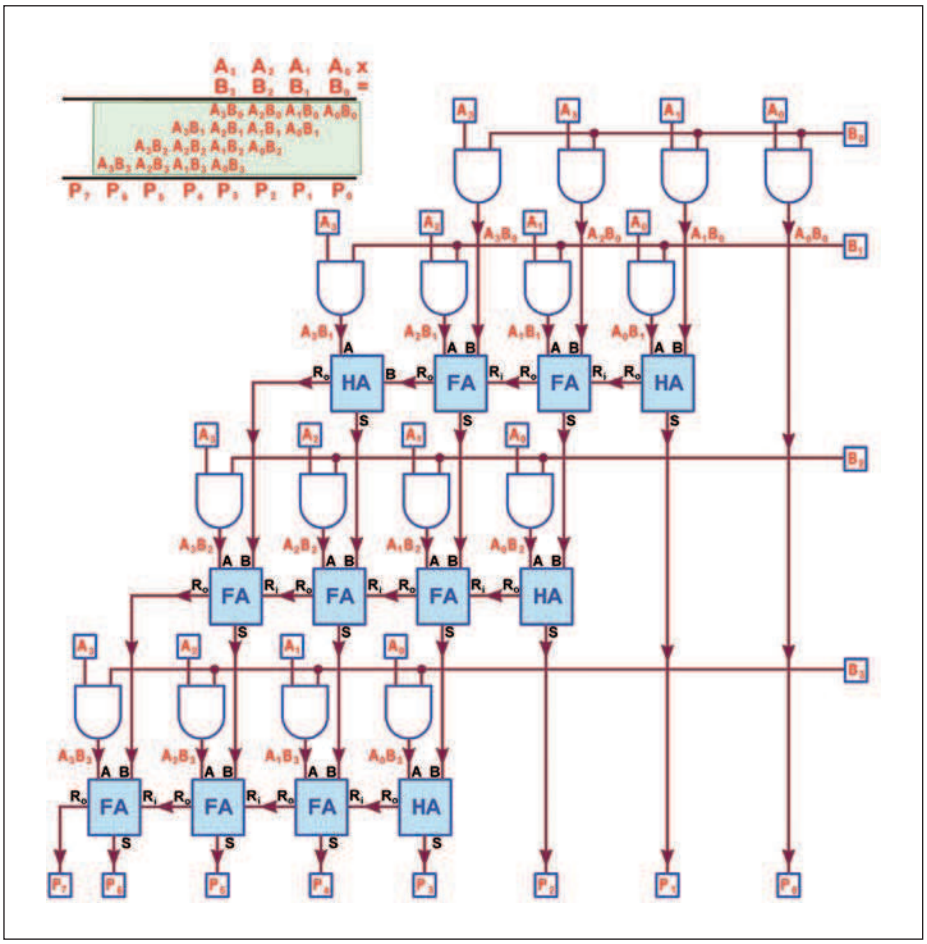


Figura 4: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers: Circuito completo

Dopo l'aggiunta dei 2 rimanenti *prodotti parziali* il circuito finale (vedi **figura 4**) sarà realizzato con 16 porte AND a 2 ingressi, 4 sommatori HA e 8 sommatori FA; naturalmente gli HA possono essere sostituiti da FA forzando a massa il rispettivo ingresso di *Carry in*; per la sua struttura questo circuito è detto anche "*moltiplicatore* a matrice" (*Array Multilpier*).

Tutti i *prodotti parziali* sono calcolati contemporaneamente, ma per poter disporre di un risultato stabile bisogna attendere la propagazione di tutti i riporti (*ripple carry*) e in particolare quelli che dal secondo *prodotto parziale* va al terzo e dal terzo va al quarto; da notare che il bit più significativo del risultato è uguale al *Carry Out* del FA più significativo dell'ultimo *prodotto parziale*.

Seguendo il percorso dei sommatori elementari che producono i bit del risultato è facile verificare che il ritardo massimo è pari a 8 volte quello di ciascuno di loro: con entrambi gli operandi di n bit il ritardo è pari a 2*n; possiamo notare che il prodotto avrà sempre n*m bit, con n e m pari al numero di bit rispettivamente del moltiplicando e del *moltiplicatore*.

Va ribadito anche che, per garantire un risultato corretto, il progetto appena realizzato dà per scontato che sia gli operandi che il *prodotto finale* siano da intendere "senza segno" o intrinsecamente positivi (cioè espressi come il rispettivo modulo).

La **figura 5** mostra un *moltiplicatore* a matrice realizzato con 3 sommatori integrati (nella fattispecie 3 *Fast Carry Adder* 74LS283, funzionalmente uguale al 74LS83, corredato da logiche interne in grado di assicurare tecniche di tipo *Carry Look Ahead*) e 4 integrati 74LS08 (ciascuno con 4 AND a 2 ingressi).

Questo progetto si presta a gestire anche operandi di dimensione più piccola; la Figura 6 suggerisce la soluzione per un *moltiplicatore* da 2 per 2 bit.

A questo proposito è interessante osservare che è possibile progettare un *moltiplicatore* anche facendo riferimento alle tecniche di minimizzazione di base, con le Mappe di Karnaugh; è facile capire che tale tecnica sarà possibile solo con operandi A e B di piccola dimensione: già se

ciascuno di essi ha solo 2 bit (come nel progetto appena proposto) sarà necessaria una Tabella di verità composta da 16 righe, tante quante sono i possibili prodotti A*B; la **figura 7** mostra la rete combinatoria frutto della minimizzazione, con le relative formule di progetto.
La rete combinatoria si avvale di 3 integrati usati completamente (un 74LS32 [OR] e due 74LS11 [AND a 3 ingressi]) e 3 integrati usati parzialmente (un 74LS21 [AND a 4 ingressi], un 74LS08 [AND a 2 ingressi] e un 74LS04 [inverter]); applicando il teorema di *De Morgan* alle formule di progetto è possibile risparmiare un integrato, riducendo il progetto a un74LS20 [NAND a 4 ingressi], due 74LS10 [NAND a 3 ingressi]) un 74LS00 [NAND a 2 ingressi], più l'inverter 74LS04). Ma il circuito combinatorio più vantaggioso si ottiene facendo riferimento alla struttura "*shift and add*", oggetto della nostra analisi: alle 4 AND, necessarie per disporre dei *prodotti parziali*, si devono aggiungere un solo HA e un solo FA, per cui, sostituendoli con le rispettive porte logiche, otteniamo una rete realizzata con appena 4 integrati, come si vede in **figura 8**.
Inoltre, poichè il FA previsto dalla struttura non sfrutta uno dei suoi ingressi dato, è possibile (solo in questa applicazione, vedi **figura 9**) sostituirlo con un HA, fissando le esigenze di progetto a soli 3 integrati: due 74LS08 [AND a 2 ingressi] e un 74LS86 [OREX a 2 ingressi], di cui 2 usati a metà.Un buon "*moltiplicatore* a matrice" (*array multilpier*) per operandi intesi senza segno può essere ottenuto da quello appena descritto partendo dal fatto che il *prodotto finale non cambia* se il riporto dei singoli sommatori elementari (HA o FA) viene propagato in diagonale anziché verso sinistra.
La variante così ottenuta è detta "*Carry Save Multiplier*", per mettere in evidenza l'azione di salvataggio (memorizzazione) esercitata sui riporti, al fine di poterli utilizzare negli stadi di somma successivi, fino a convogliarli in un "sommatore di raccolta" finale ("*Vector Merging Adder*") che, per l'importante compito a cui è chiamato, dovrebbe essere ottimizzato al meglio e di tipo *carry-look-ahead*.
Sebbene sostanzialmente non cambi nulla (la struttura carry-save, **figura 10**, è sempre realizzata con 16 porte AND a 2 ingressi, 4 sommatori HA e 8 sommatori FA) anche in questo caso per poter disporre di un risultato stabile bisogna attendere la propagazione di tutti i riporti; seguendo il percorso dei sommatori elementari che producono i bit del risultato è facile verificare che il ritardo massimo è ora pari a 6 volte quello di ciascuno di lo-

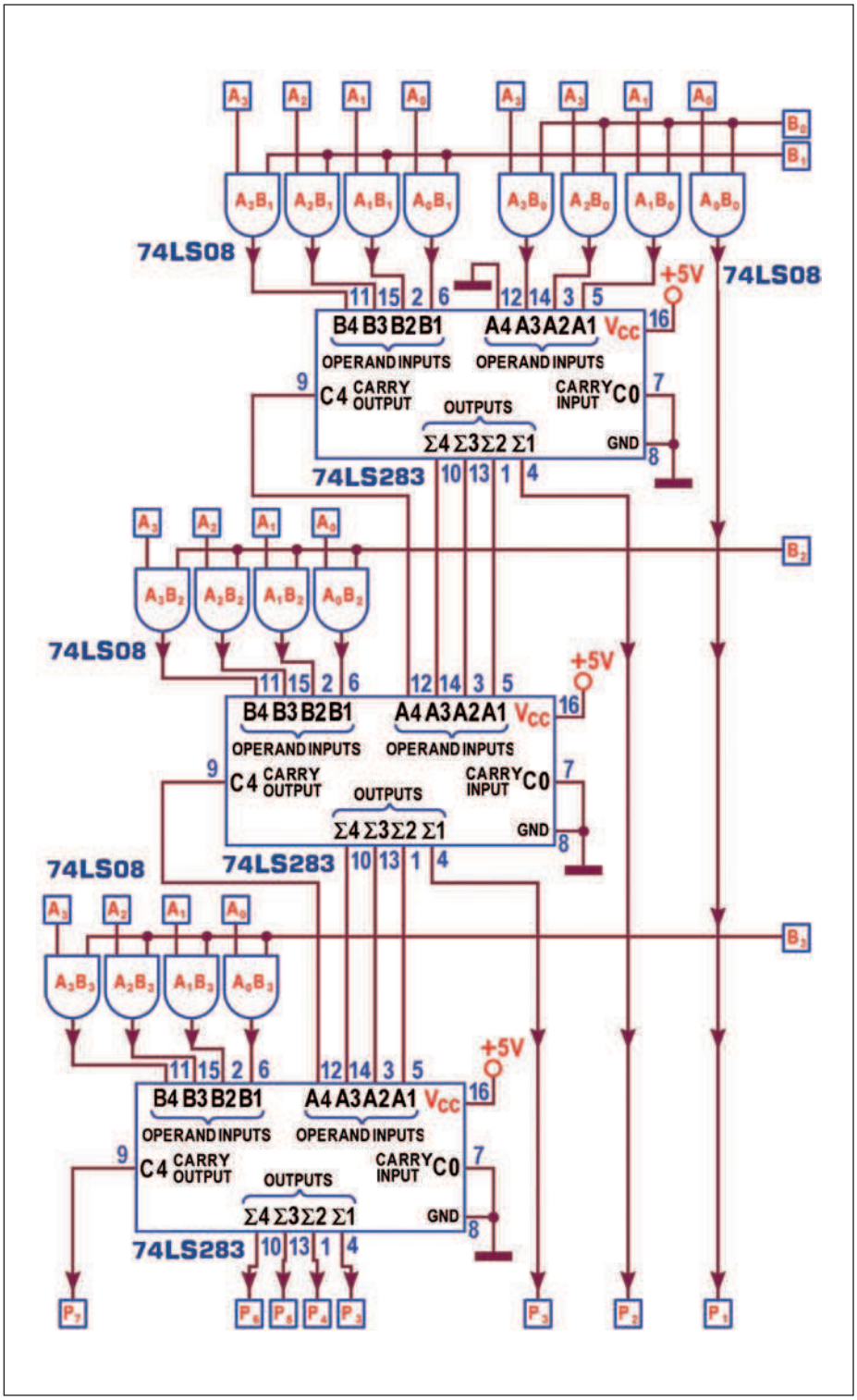
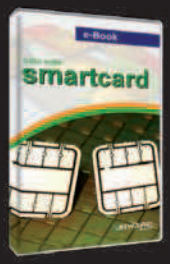


Figura 5: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers con Fast Carry Adder 74LS283

e-Book **I NUOVI LIBRI IN CD-ROM di Inware Edizioni**

MICRO C
Il corso completo del compilatrore C di Mikroelettronica in italiano.

PIC MICRO
Il libro best seller per imparare a progettare i PIC. Da oggi in versione CD-ROM.

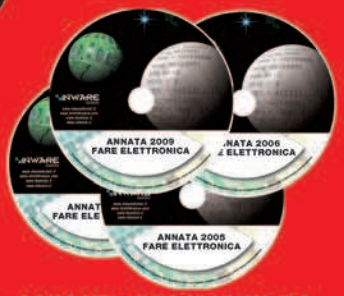


SMARTCARD
Tecnologia, tipologia e progetti pratici con le smartcard.

CPLD
Il libro best seller per imparare a progettare con le CPLD. Da oggi in versione CD-ROM.

ALIMENTATORI SWITCHING
Il corso sulla progettazione degli alimentatori switching.

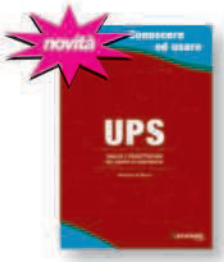
AMPLIFICATORI OPERAZIONALI
Un testo per conoscere a fondo il funzionamento degli operazionali.



ANNATE COMPLETE DI FARE ELETTRONICA SU CD-ROM *(singole)* **DVD-ROM** *(multiple)*
Dal 2003 al 2009, comprendono tutti i pdf ad alta risoluzione ed i numeri speciali usciti (es. annata 2008 ben 13 riviste!).

ANNATE COMPLETE DI FIRMWARE SU CD-ROM *(singole)* **DVD-ROM** *(multiple)*
Dal 2006 al 2009, comprendono tutti i pdf ad alta risoluzione della rivista Firmware.

Pillole di: ELETTRONICA ANALOGICA
di N. Grilloni (256 pagine) Manuale di progettazione con simulazioni PSPICE.



novità

UPS
di M. Di Marco (116 pagine) Uninterruptable Power Supply: tutto sui gruppi di continuità, l'analisi e la loro progettazione.

BASIC PER PIC
di G. Di Maria (144 pagine) Come programmare i microcontrollori PIC utilizzando l'ambiente di sviluppo Mikrobasic.

novità

Pillole di: MICROCONTROLLORI PIC
di P. Rognoni (216 pagine) Manuale di progettazione con i PIC con esempi pratici in linguaggio C.

ANSI C
di A. Di Stefano (168 pagine) Come utilizzare il linguaggio più diffuso per la programmazione dei sistemi a microprocessore.

DISPLAY LCD
di M. Del Corso (100 pagine) Una delle migliori guide all'utilizzo dei moduli alfanumerici basati sul controller HD44780.

INWARE EDIZIONI

IN SCENA LE PROPOSTE

SCOPRI I BUNDLE E LE OFFERTE SU www.ieshop.it
o chiama subito lo 02-66504755

CODICE MIP 2793141

ro; con entrambi gli operandi di n bit il ritardo è pari a (2*n)-2 per cui questa scelta è più efficiente rispetto alla precedente e sarà sempre più vantaggiosa al crescere del numero di bit degli operandi.
In ogni caso, data la rilevante quantità di elementi logici coinvolti (anche in prospettiva di applicare le stesse strutture a numeri di maggiore dimensione) la realizzazione dei moltiplicatori di numeri binari positivi può essere affidata a dispositivi come i PLA (Programmable Logic Array) oppure raccogliendo i possibili valori del prodotto dei 2 numeri in Tabelle appositamente approntate in ROM (Read Only Memory, memorie a sola lettura); questa tecnica è usata di frequente nell'ambito delle strutture controllate da microprocessori (come computer o microcontrollori) fornendo loro la possibilità di disporre in tempo reale di un dato binario anche composto da molti bit, non solo associato al prodotto degli operandi ma anche al risultato di operazioni matematiche di ogni tipo.
Per rimanere nel campo della moltiplicazione di 2 numeri ciascuno a 4 bit è facile capire che le due quaterne possono essere unite per formare un indirizzo a 8 bit, per esempio associando al moltiplicando A i 4 bit più significativi e al *moltiplicatore* B i 4 bit meno significativi; con un indirizzo a 8 bit si possono puntare (in lettura) 2^8=256 locazioni, nelle quali è stato memorizzato (nella precedente fase di scrittura) il valore dei singoli prodotti A*B, a loro volta mai più grande di 8 bit.
Per esempio, nell'ipotesi di disporre di una ROM da 256 bytes, indirizzandola con 11111111 [rappresentativo di $A=(1111)_2=(15)_{10}$ e $B=(1111)_2=(15)_{10}$] si potrà disporre del risultato [$P=(11100001)_2=(225)_{10}$] in un tempo molto piccolo, pari al tempo di accesso della memoria ROM (qualche decina di ns, anche dovendosi riferire a più moderne Flash EPROM, per altro disponibili con capacità ben più grande dei 256 bytes necessari al nostro esempio, in grado di gestire la moltiplicazione di parole più

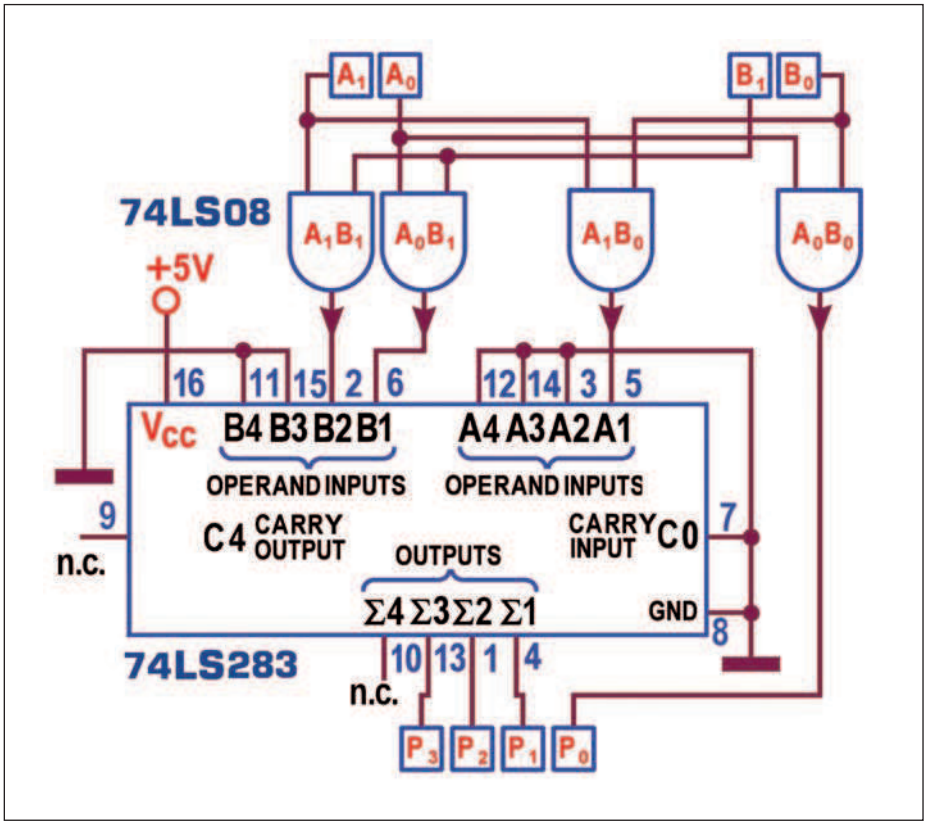


Figura 6: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers con Fast Carry Adder 74LS283

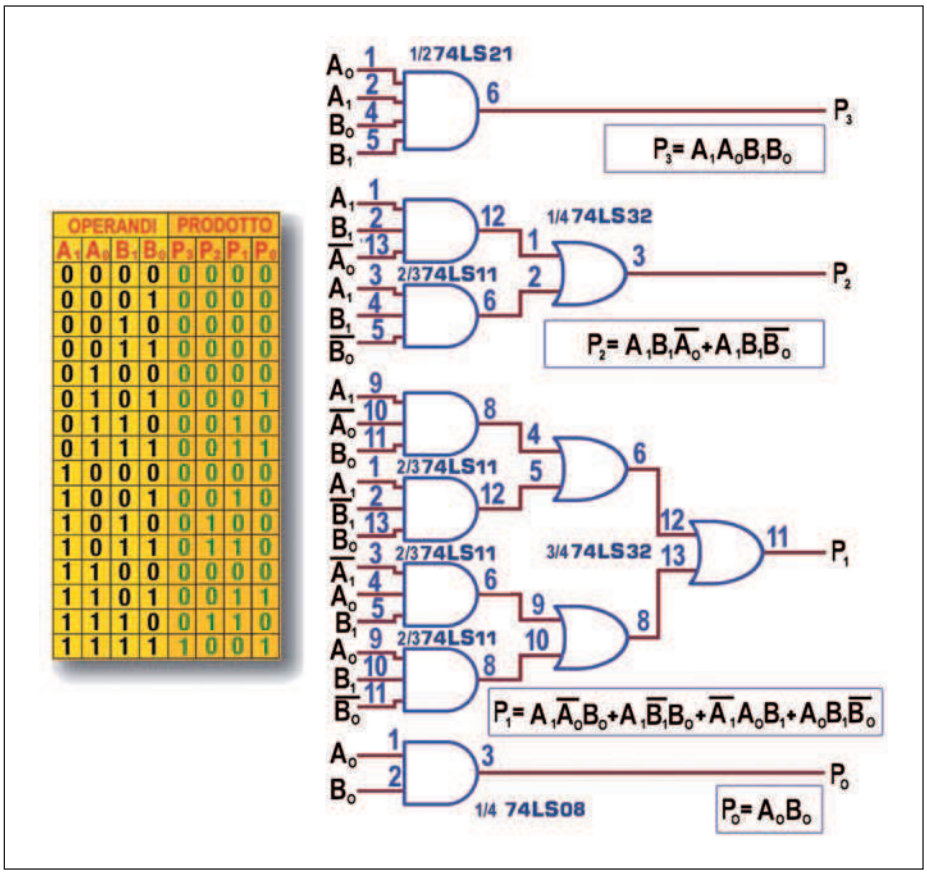


Figura 7: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers con porte logiche [1]

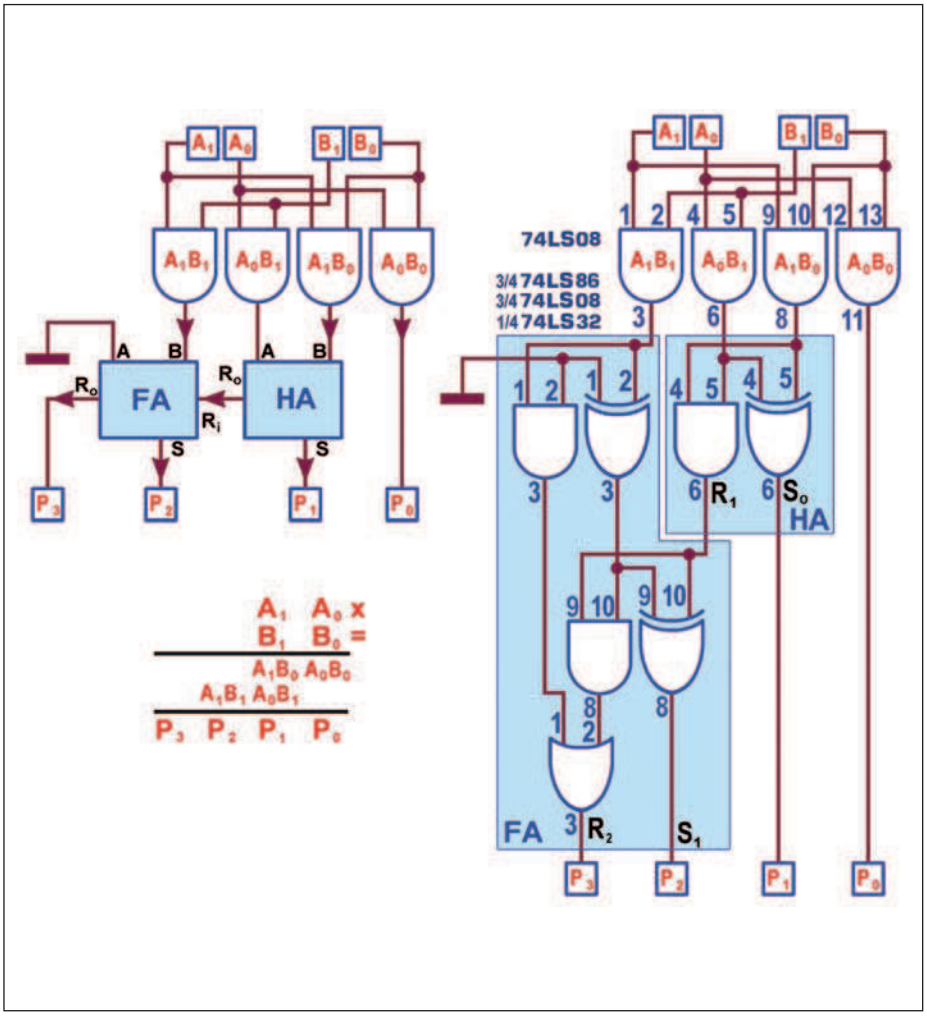


Figura 8: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers con porte logiche [2]

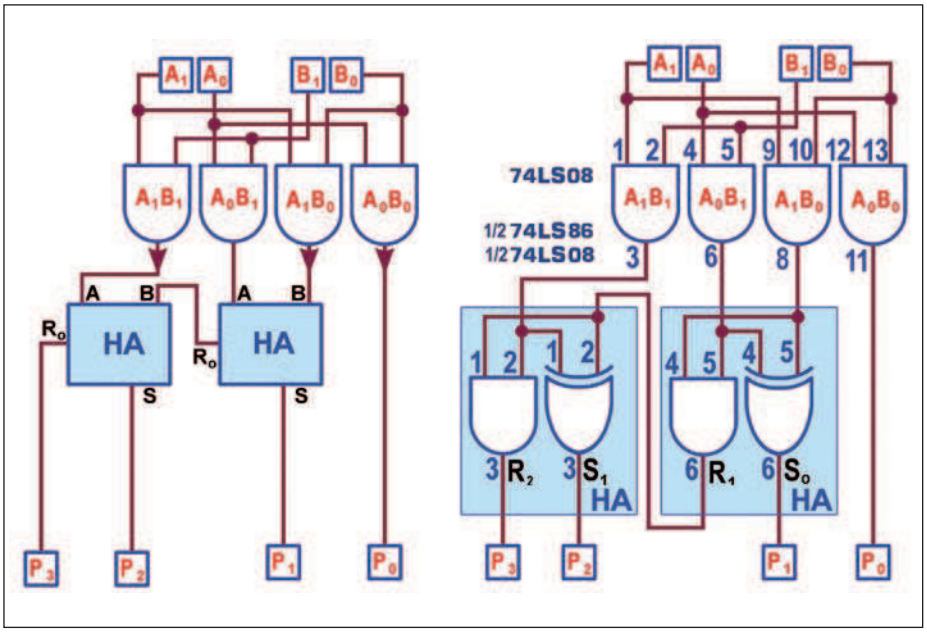


Figura 9: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers con porte logiche [3]

grandi (per esempio a 8 bit, con risultati a 16 bit distribuiti su 2 memorie).

La **figura 11** schematizza la struttura interna di una ROM da 256 locazioni ciascuna contenente un byte: se il dispositivo (*Chip*) di memoria è abilitato (*Enable*), cioè se CE =0, le 2 parole a 4 bit fornite sugli *Address* Inputs sono internamente decodificate per identificare la riga Y e la colonna X che puntano l'unica locazione ad esse corrispondente, tra le 16x16 possibili; la logica di controllo consente la disponibilità degli 8 bit in essa contenuti non appena la linea di *Out Enable* è attivata (bassa, OE=0).

La stessa **figura 11** mostra un possibile moderno dispositivo di questo tipo, programmabile elettricamente (con l'aiuto di una apposita tensione di programmazione V_{PP}) e cancellabile esponendo l'integrato ai raggi ultravioletti, da fornire attraverso una piccola finestrella circolare presente nel suo corpo; si tratta della EEPROM CMOS 2764 organizzata per garantire 8192 parole da 8 bit (8kBytes = 64kBit) localizzate con un indirizzo a 13 bit (2^{13}=8192), in un tempo (di accesso massimo) di 180 ns; inutile sottolineare che per il nostro esempio è ampiamente sovradimensionata.

MOLTIPLICATORI "ADD AND SHIFT"

In questa trattazione non può mancare un riferimento ai processori: come per altre operazioni aritmetiche esistono precise e potenti istruzioni in grado di trattare e risolvere la moltiplicazione binaria, basate su circuiti molto diversi da quelli strettamente combinatori, trattati finora; il metodo utilizzato dalla CPU è detto "*repeated add and right-shift*" (sinteticamente "*add and shift*") ed è relativamente più conveniente di quello ("*shift and add*'") descritto in precedenza.

La struttura che stiamo per analizzare è decisamente sequenziale; la CPU memorizza infatti gli operandi e il risultato in alcuni suoi registri (veloci memorie ospitate direttamente dentro il processore stesso) coinvolgendo la sua ALU per operare la somma richiesta (come vedremo) dal procedimento; è sottointeso che, per cadenzare le varie fasi di calcolo, sarà necessario un segnale di sincronismo (clock).

La **figura 12** mostra lo schema di un *mol-*

tiplicatore sequenziale limitato (per semplicità) ad operandi di 4 bit, fermo restando che la capacità di calcolo reale può essere assicurata anche per operandi di dimensione molto maggiore; essa è divisa in 4 parti, per tentare di evidenziare *l'effetto tempo*, tipico di una serie di eventi che si evolvono in sequenza.
Il registro del moltiplicando [nell'esempio pari a A=$(0110)_2$=$(6)_{10}$] mantiene inalterato il suo valore iniziale, per tutta la procedura; il *moltiplicatore* [supposto uguale a B=$(0101)_2$=$(5)_{10}$] è affidato ad un registro a scorrimento (*shift register*): il suo bit meno significativo viene utilizzato per controllare una batteria di AND che lascia passare il valore del moltiplicando (se vale 1) o una serie di zero (se vale 0).
Viene così generato il *prodotto parziale* utilizzato come primo addendo dal sommatore assicurato dalla ALU del processore, mentre il secondo addendo è fornito dal valore corrente di un registro accumulatore, azzerato all'inizio e chiamato ad ospitare il risultato progressivo, man mano che la procedura si sviluppa; da notare che la somma accumulata terrà conto anche dell'eventuale riporto prodotto dal sommatore (esso pure azzerato, prima di cominciare la sequenza).
Non appena la somma è disponibile ha inizio la fase successiva, all'inizio della quale sia il *moltiplicatore* che l'accumulatore (con l'ultimo risultato calcolato) sono sottoposti ad uno spostamento (*shift*) di una posizione a destra, di solito introducendo un bit a 0 da sinistra; vengono così stabiliti gli addendi della prossima somma, seguendo il criterio descritto per la prima fase e ben illustrato dalla preziosa figura.
Il processo avrà fine quando saranno stati utilizzati tutti i bit del *moltiplicatore*; nel nostro caso saranno operate 4 fasi, al termine delle quali il registro del *moltiplicatore* sarà azzerato e il registro accumulatore conterrà il risultato di moltiplicazione: verificandolo dalla **figura 12** esso è effettivamente pari a $(00011110)_2$, formattato su 8 bit (tanti quanti sono previsti per operandi a 4 bit), uguale a

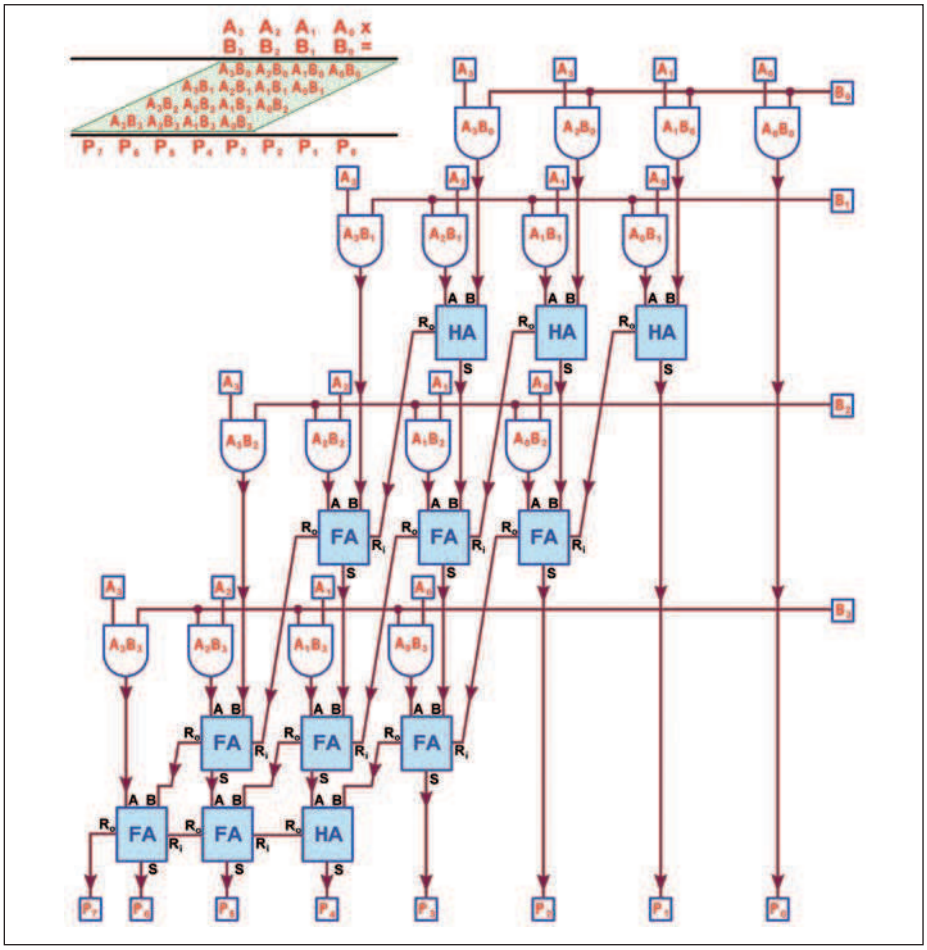


Figura 10: 4-Bit by 4-bit Parallel Carry Save Multiplier

$(30)_{10}$=$(6*5)_{10}$.
Se il processore non fosse dotato dell'hardware "add and *shift*" appena descritto sarebbe comunque in grado di simularne l'esecuzione da software, cioè eseguendo le medesime operazioni di somma e di *shift* con l'aiuto delle rispettive istruzioni, sempre disponibili; di certo una CPU priva di questa struttura è meno complessa e più economica ma l'esecuzione del programma richiederebbe tempi decisamente più elevati rispetto a quelli assicurati dall'hardware.

MOLTIPLICATORI PER NUMERI CON SEGNO

I moltiplicatori descritti finora sono piccoli gioielli di logica applicata ma sono in grado di operare esclusivamente numeri positivi (cioè la sequenza dei loro bit è da ritenersi "valore assoluto" di numeri davanti ai quali si suppone implicitamente anteposto uno o più bit a 0, intesi come segno "+").
Naturalmente è sempre possibile manipolare eventuali operandi negativi in modo da esprimerli in "modulo e segno", coinvolgendo nel prodotto il loro valore assoluto e riservandosi di adeguare poi il segno del risultato in base alle note regole algebriche (positivo con operandi di segno uguale, negativo con operandi di segno diverso); di certo le modifiche necessarie per convertire in positivi i numeri negativi (sia operandi che risultato, di solito espressi in complemento a 2) comporterebbero

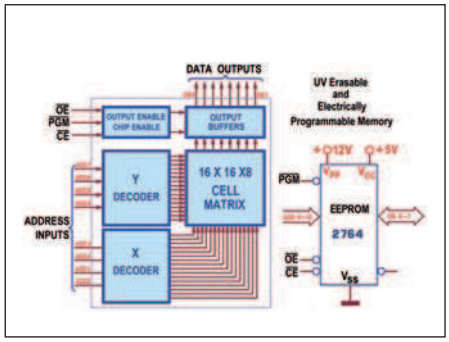


Figura 11: 4-Bit by 4-bit Binary Multipliers con Memoria ROM

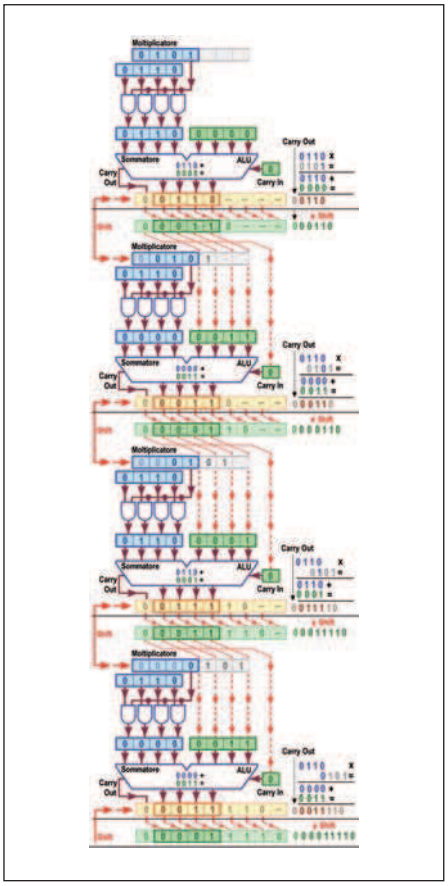


Figura 12: 4-Bit by 4 bit Binary Multipliers: struttura sequenziale

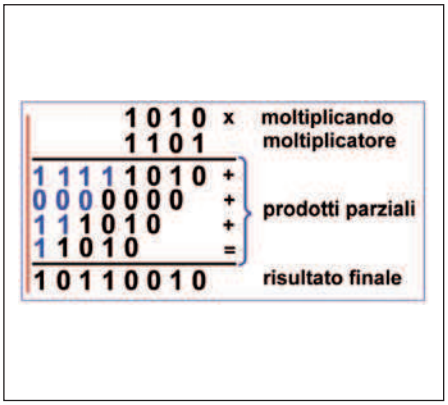


Figura 13: 4-Bit by 4-bit Binary Multipliers: con numeri negativi [1]

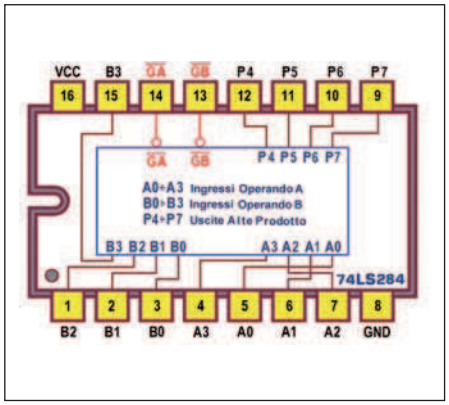


Figura 15: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers 74LS284: pin-out

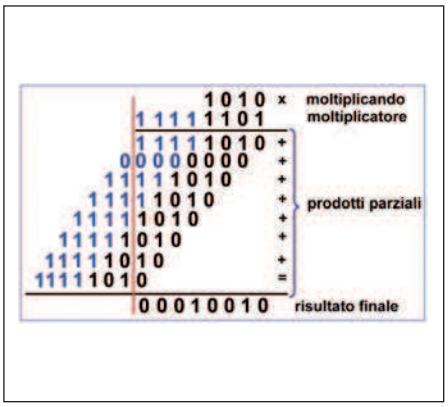


Figura 14: 4-Bit by 4-bit Binary Multipliers: con numeri negativi [2]

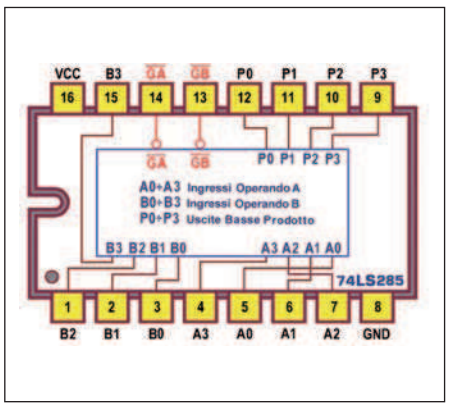


Figura 16: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers 74LS285: pin-out

un'aggiunta di dispositivi che rendono improbabile perseguire tale via.

Tuttavia, con un semplice artificio, l'algoritmo classico della moltiplicazione può essere reso funzionante anche con numeri negativi; partiamo dal presupposto che, senza nessuna presa di posizione, gli 1 posti nella posizione più significativa di un numero non sono necessariamente da intendersi come bit di segno negativo; a sostegno di questa ipotesi riconsideriamo l'esempio di **figura 1**, nel quale abbiamo supposto di trattare i numeri positivi $(1010)_2=(10)_{10}$ e $(1101)_2=(13)_{10}$ ottenendone il prodotto $(10000010)2=(130)_{10}$; ma che succede se i numeri coinvolti sono ritenuti con segno? Gli operandi sono entrambi negativi, $(1010)_{Ca2}=(-6)_{10}$ e $(1101)_{Ca2}=(-3)_{10}$, e il loro prodotto dovrebbe dare $(-6*-3)_{10}=(+18)_{10}=(010010)_2$, cosa evidentemente non verificata.

Ragionandoci, risulta evidente che davanti a ciascuno dei 4 *prodotti parziali* si da per scontata la presenza di 0, anche se non esplicitamente scritta; questo fatto

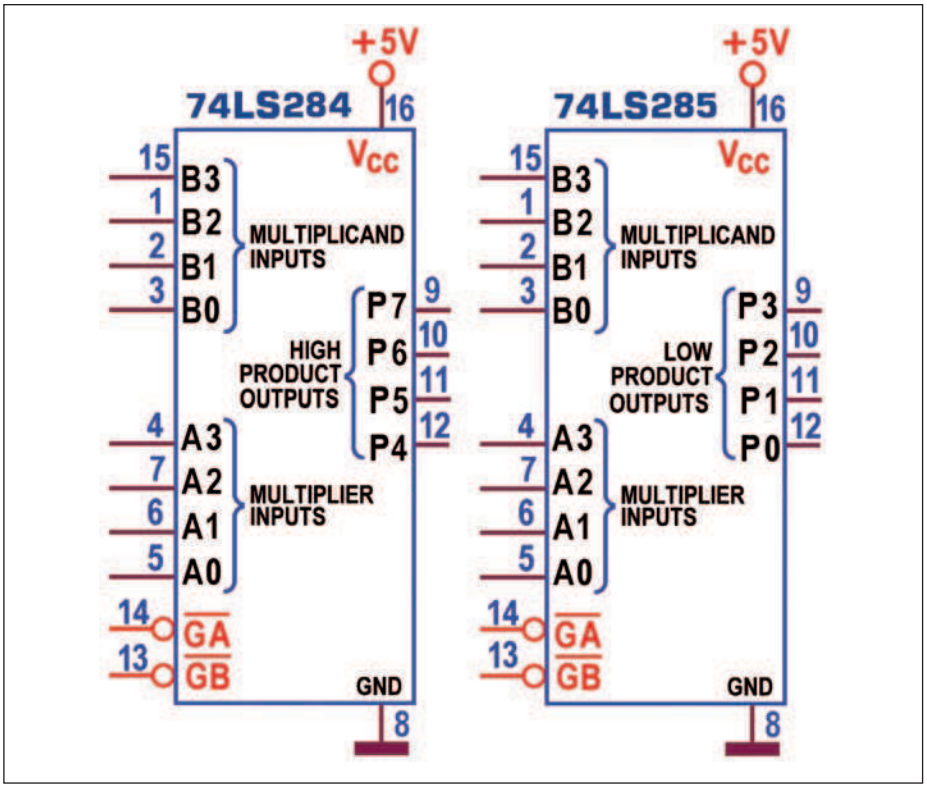


Figura 17: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers 74LS284/74LS285: Schema funzionale

rende erroneamente "positivi" i numeri negativi coinvolti e fa pensare che se, invece, si estende verso sinistra il loro segno, in quantità sufficiente a coprire la dimensione prevista per il risultato, le cose possono tornare a posto!

La **figura 13** riprende l'esercizio alla luce di queste considerazioni ma, nonostante il fatto di aver applicato la regola, il risultato non solo non è quello atteso ma è addirittura negativo: $(10110010)_{Ca2}=(-78)_{10}$; in realtà per ottenere un risultato corretto non basta estendere il segno dei *prodotti parziali* ma, se il *moltiplicatore* è negativo, è necessario farlo anche per il suo segno, sempre in quantità tale da raggiungere le cifre del risultato, in modo da produrre altrettanti *prodotti parziali*.

La nuova situazione è illustrata in **figura 14**, dalla quale si riscontra che il risultato è ora quello atteso, appunto $(+18)_{10}=(010010)_2$; in essa è anche evidenziato (con una riga rossa verticale) che ogni riporto della somma (ed ogni bit eccedente la lunghezza prevista per il risultato) non è significativo e non va preso in considerazione. Come si può facilmente vedere, confrontando le due figure, questa ulteriore specifica ci costringe a generare un numero doppio di *prodotti parziali*, richiedendo più circuiti combinatori e allungando i tempi necessari per disporre della soluzione, già intrinsecamente lenti. Per risolvere questo problema (anche in presenza di operandi negativi) sono state studiate delle sofisticate soluzioni in grado di aumentare drasticamente le prestazioni; una di esse è nota come *moltiplicatore di Booth*: il suo algoritmo analizza il *moltiplicatore* "ricodificandolo" al fine ridurre il numero di somme consecutive.

Altre importanti soluzioni sono il *moltiplicatore* ad albero di *Wallace* (*Wallace Tree*) e il *moltiplicatore di Dadda*; ciascuna di esse è qui citata per amore di completezza, essendo obiettivamente insostenibile ogni tentativo di descrivere con sufficiente gratificazione le complicate regole che le governano.

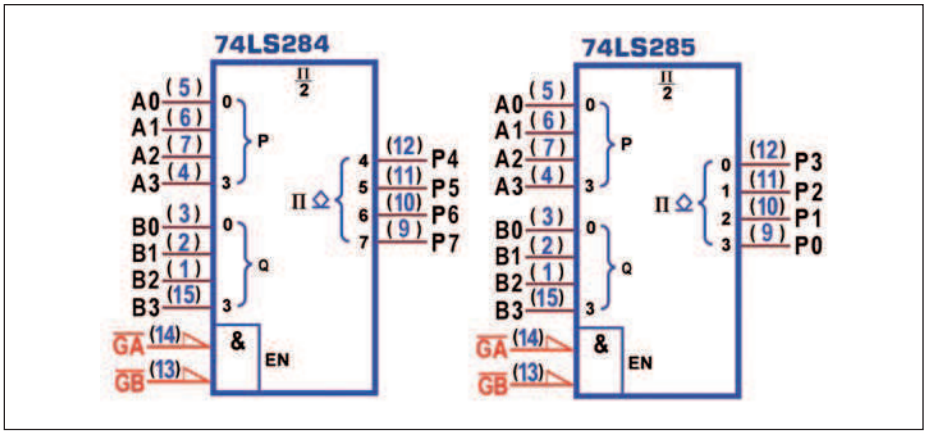


Figura 18: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers 74LS284/74LS285: Simbolo logico ANSI/IEEE Std. 91-1984

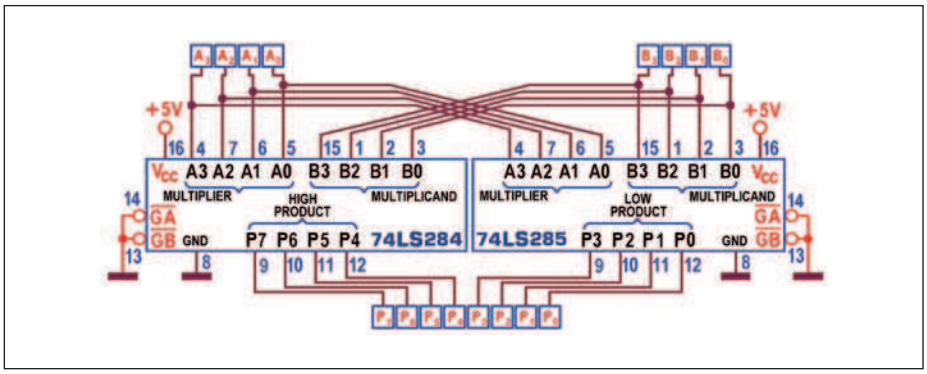


Figura 19: 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers 74LS284/74LS285: schema applicativo

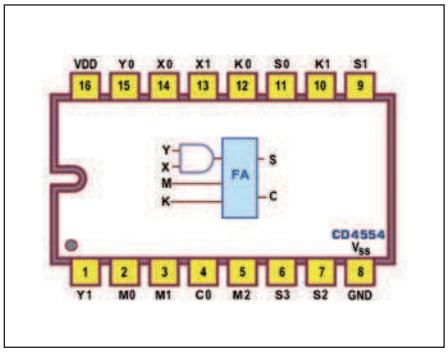


Figura 20: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers 4554: pin-out

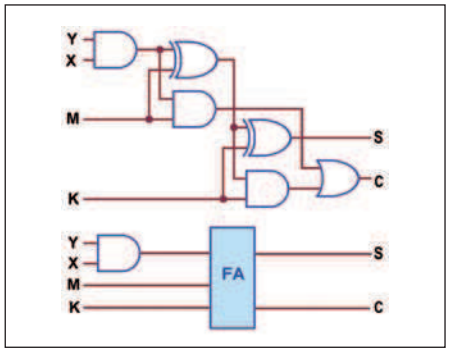


Figura 21: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers 4554: cella di calcolo

MOLTIPLICATORI (TTL): 74LS284, 74LS285, 74LS261, 74LS274

La serie TTL prevede la coppia di integrati 74LS284 con il 74LS285, detti 4-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers, progettati per essere utilizzati in applicazioni di moltiplicazione parallela ad alte prestazioni di due numeri binari a 4 bit, ma facilmente espandibile anche per realizzare il prodotto di operandi con dimensioni grandi a piacere (da 8, 16, 32, .., bit).

I rispettivi *pin-out* sono visibili in **figura 15** e in **figura 16**; il primo si occupa dei 4 bit di ordine più alto del prodotto, mentre il secondo implementa i 4 bit meno significativi.

La **figura 17** riorganizza i segnali coinvolti nei corrispondenti schemi funzionali; possiamo notare che entrambi permettono di controllare lo stato delle uscite con una coppia di segnali d'abilitazione attivi bassi, G_A e G_B: le uscite sono valide quando sono entrambi sono a 0, altrimenti sono forzate nello stato di alta impedenza.

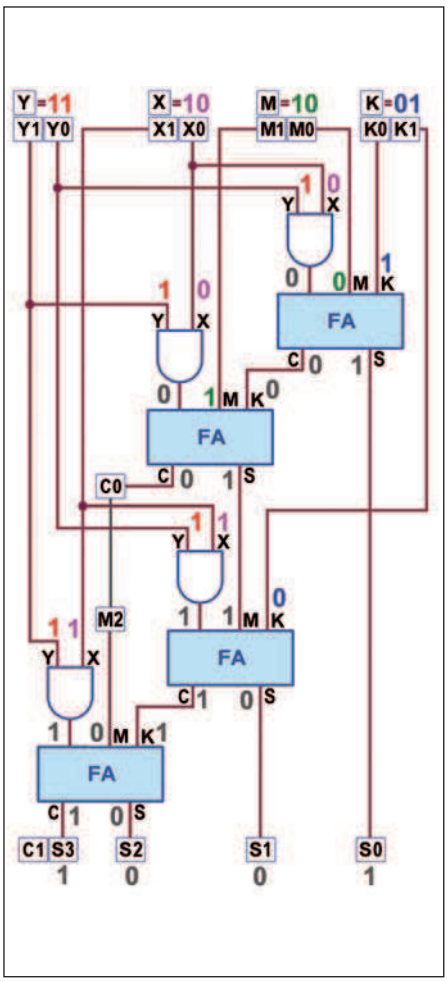


Figura 22: 2-Bit by 2-bit Parallel Binary Multipliers 4554: schema funzionale

Il simbolo logico predisposto dallo standard *IEEE* è visibile, per entrambi, in **figura 18**.

La **figura 19** mostra i collegamenti necessari per assicurare la moltiplicazione aritmetica di due parole binarie positive (o senza segno) di 4 bit; come abbiamo già sottolineato, in presenza di operandi negativi è necessario prima convertirli nel corrispondente numero positivo, a partire dal complemento a 2 che li esprime; se gli operandi hanno segno diverso tra loro anche il valore assoluto del risultato dovrà essere cambiato nel suo complemento a 2, essendo certamente negativo.

La potenza dissipata massima è, per entrambi, pari a 650 mW e il ritardo di propagazione massimo tra ingressi e uscite (misurato con carico di 30pF/600ohm) è di 60ns per entrambe le transizioni t_{PLH} e t_{PHL}); poichè questa coppia di dispositivi può essere facilmente coinvolta più volte (per realizzare moltiplicatori in grado di assicurare risultati di più bytes) i manuali ne vantano la sua buona velocità di calcolo dichiarando tempi *tipici* di 40ns (per prodotto a 8 bit), 70ns (per prodotto a 16 bit) e 103ns (per prodotto a 32 bit).

Il progetto di moltiplicatori con operandi di grande dimensione è, per altro, piuttosto impegnativo; basti pensare che per moltiplicare due numeri a 8 bit (con risultato offerto su 8*2=16 bit) sono necessarie 4 coppie 74LS284/74LS285 (per il calcolo dei *prodotti parziali*), 4 sommatori 74LS183 (per la gestione delle somme intermedie), 3 unità aritmetico-logiche 74LS181 e una unità carry look-ahead 74LS182 (per determinare la somma finale, da gestire con calcolo veloce dei riporti): in tutto ben 16 integrati.

Alla serie TTL appartiene anche il 74LS261, noto come 2-Bit by 4-bit Parallel Binary Multipliers; la sua disponibilità è rivolta al progetto dei sofisticati moltiplicatori basati sulla "ricodifica" del *moltiplicatore* al fine ridurre il numero di *prodotti parziali* da sommare; in particolare viene utilizzato un algoritmo detto "2 bit alla volta" (per il quale ciascun *prodotto parziale* è spostato 2 posti a sinistra invece di un posto, come avviene nella normale moltiplicazione); questo componente è destinato alle richieste dell'hardware dell'albero di *Wallace*, consentendo una riduzione sostanziale dei tempi di moltiplicazione e dei costi.

In assoluta coerenza con quanto detto in precedenza non è opportuno aggiungere ulteriori dettagli, complicati anche didatticamente; basti sapere che, per un *moltiplicatore* 16*16 saranno necessari 32 di questi integrati 74LS261, insieme a 2 74LS00 (NAND), 2 74LS00 (AND), 56 74LS183 (sommatori carry-save), 7 74LS181 (ALU) e 2 74LS182 (look-aheed generator).

In chiusura vanno citati altri 3 dispositivi TTL: il 74LS274 (una versione 4-Bit by 4-Bit Binary Multipliers con uscite 3-state, in grado di assicurare un prodotto a 8 bit *tipicamente* in 45ns); il 74LS275, la cui definizione (7-*Bit Slice Wallace Trees*) tradisce immediatamente la sua utilità nelle sofisticate strutture di calcolo del prodotto con l'algoritmo omonimo; e il 74LS384 (detto 8-Bit by 1-Bit Two's-Complement Multiplier, logicamente diverso dai precedenti perchè di tipo sequenziale (il moltiplicando e il *prodotto finale* sono gestiti serialmente, rispettivamente in ingresso e in uscita); coinvolge 2 numeri espressi in complemento a 2 per produrre un prodotto in complemento a 2, senza alcun componente esterno, utilizzando internamente l'algoritmo di *Booth*).

MOLTIPLICATORI (CMOS): 4554

La serie CMOS prevede per la moltiplicazione binaria il 4554, detto 2 x 2-Bit Parallel Binary Multipliers; il suo *pin-out* è mostrato in **figura 20**.

Contiene quattro celle di calcolo uguali tra loro la cui funzione (vedi **figura 21**) è quella di sommare (tramite un FA) le due variabili K e M con il prodotto delle altre due, X e Y, secondo la formula S=(X*Y) +K+M.

In parte le 4 celle di calcolo sono già internamente collegate in cascata (vedi **figura 22**): il riporto del primo FA va sull'ingresso K del secondo, la somma di quest'ultimo va sull'ingresso M del terzo e il riporto di quest'ultimo va sull'ingresso K del quarto; si tratta dunque di un componente in grado di eseguire la moltiplicazione di due numeri binari a 2 bit (moltiplicando X0,X1 e *moltiplicatore* Y0,Y1) e, contemporaneamente, sommare altri due numeri binari a 2 bit (K0,K1 e M0,M1) al prodotto; il risultato è disponibile su 4 linee d'uscita, S0,S1,S2,S3.

Le 4 celle sono indipendenti a 2 a 2, ma possono essere coordinate in un unico blocco collegando esternamente il pin 4 (C0) con il pin5 (M2); questa situazione è adottata nello schema di **figura 22**, nel quale sono evidenziati i livelli logici nei suoi vari punti dopo aver imposto sugli ingressi i valori $Y=(3)_{10}=(11)_2$, $X=(2)_{10}=(10)_2$, $M=(2)_{10}=(10)_2$ e $K=(1)_{10}=(01)_2$, a verifica del particolare funzionamento; il risultato è quello atteso: $S=(X*Y)+K+M=(3*2)+1+2=(9)_{10}=(1001)_2$.

Come è noto la tecnologia CMOS assicura una potenza dissipata trascurabile ma i ritardi di propagazione sono maggiori rispetto alla TTL e dipendono dalla tensione d'alimentazione, valutabili da 1700ns (VDD=5V) a 570ns (VDD=15V), con il solito carico di 200kohm/50pF. ❑

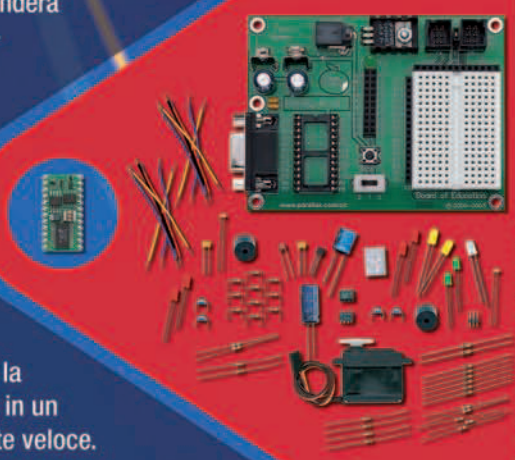
CODICE MIP 2772422

BASIC STAMP DISCOVERY KIT

Il più popolare starter kit, il **BASIC Stamp® Discovery Kit** (codice-27207), contiene il manuale "What's a Microcontroller?" (WAM) e tutto l'hardware necessario per sviluppare progetti con il BASIC Stamp. Tutto quello che bisogna aggiungere è un alimentatore a 9V.
Per un periodo limitato il BASIC Stamp Discovery kit comprenderà anche l'adattatore Parallax da USB a Seriale (RS232) ed un cavo da USB A a USB mini B, per rendere il kit ancora più versatile.

INCLUDE L'ADATTATORE DA USB A SERIALE (RS232) IN OMAGGIO!

Il manuale "What's a Microcontroller?" (WAM) rende il BASIC Stamp Discovery Kit il modo migliore per iniziare. Grazie al WAM kit si apprenderà velocemente la programmazione dei BASIC Stamp attraverso una serie di oltre 40 esperimenti. Spiegazioni chiare e un linguaggio semplice permetteranno di prendere confidenza con la progettazione elettronica in un tempo sorprendentemente veloce.



Il kit include:

- Modulo BASIC Stamp 2
- Board of Education
- Manuale Basic Stamp
- Manuale "What's a Microcontroller"
- Kit "What's a Microcontroller"
- CD-ROM comprendente software e documentazione
- Adattatore USB-seriale
- Cavo USB e seriale

Il BASIC Stamp Discovery Kit ha un valore incredibile!

BASIC STAMP DISCOVERY KIT
Serial & USB compatible
SOLO EUR 139,00!

I PREZZI INDICATI SONO IVA ESCLUSA

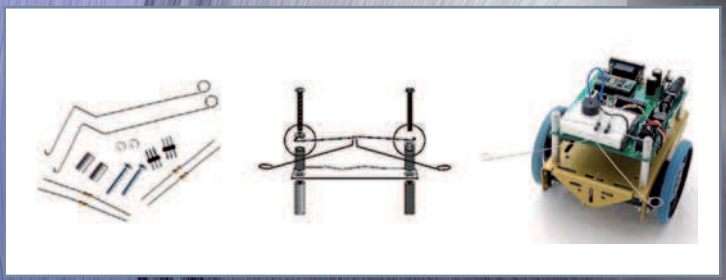
PARALLAX

WWW.PARALLAX.COM

CODICE MIP 2793145

Ordina i prodotti PARALLAX su www.elettroshop.com o chiama il numero 02-66504794

ROBOTZone



96 ESPERIMENTI ROBOTICI CON IL BOE BOT

Questa serie di articoli è dedicata al kit robotico Boe Bot e alle sue innumerevoli applicazioni.

di Nicola de Crescenzo

102 VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE

Microsoft Robotics Studio è un ambiente di lavoro in grado di interagire con le proprie applicazioni attraverso Microsoft Visual Programming Language, conosciuto anche come VPL: un potente strumento grafico per definire il proprio progetto e interagire con le diverse componenti.

di Francesco Pentella

di FRANCO TEDESCHI e NICOLA DE CRESCENZO

Esperimenti robotici con il Boe Bot (Terza parte)

La navigazione SENSORIALE

In questo numero ci dedicheremo alla navigazione sensoriale attraverso i trasduttori forniti in dotazione al kit Boe Bot.

I cosiddetti "baffi" del Boe Bot conferiscono al robot la capacità di percepire il mondo intorno a lui tramite il tatto o meglio, il contatto con gli oggetti circostanti; questi tipi di sensori, non sono altro che degli interruttori azionati in caso di collisione con un oggetto. In **figura 1** sono riportati i componenti del kit tattile con alcune indicazioni grafiche per il montaggio. L'assemblaggio dei Baffi è abbastanza semplice: basta togliete le viti che fissano la scheda sul lato frontale, inserire il distanziatore e la rondella in nylon in ciascuna vite ed avvitare poi le viti stesse attraverso i fori della scheda ai supporti inferiori senza stringerle. Dopo aver inserito le estremità uncinate dei baffi sul gambo delle viti, posizionandole in modo che si incrocino senza toccarsi, è sufficiente serrare le viti per bloccare i baffi ed il lavoro è completo! Il passo successivo consiste nel cablaggio del circuito come mostrato negli schemi di **figura 2**. Ciascun baffo è sia l'estensione meccanica che il contatto di massa di un interruttore ad un polo; i baffi sono infatti collegati a Vss attraverso i fori della scheda su cui sono ancorati. In pratica i distanziali metallici e le viti, costituiscono un collegamento elettrico a massa per ciascun baffo. Il BASIC Stamp può essere programmato per rilevare quando un baffo viene azionato. I pin di I/O collegati a ciascun interruttore controllano infatti la tensione sulla resistenza di pull-up da 10 k: quando un baffo non è premuto, la tensione sul pin I/O collegato a quel baffo è 5 V (1 logico); quando un baffo invece viene premuto, la linea I/O viene messa a massa (Vss) ed in questo modo il pin corrispondente vede 0 V (0 logico).
Vediamo subito una applicazione molto semplice per la navigazione tattile: il **listato 1** riporta un esempio didatticamente molto valido in cui Boe Bot usa i baffi collegati sugli ingressi P5 e P7 per rilevare gli oggetti che incontra lungo il suo percorso ed aggirarli.

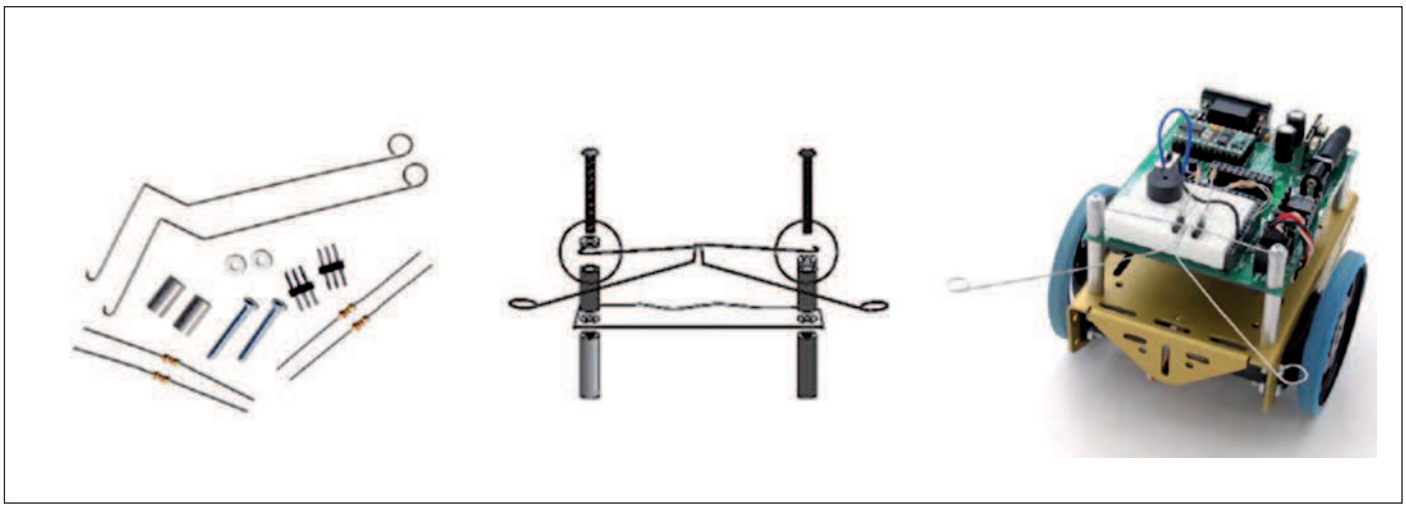


Figura 1: i componenti del kit tattile e relativo montaggio.

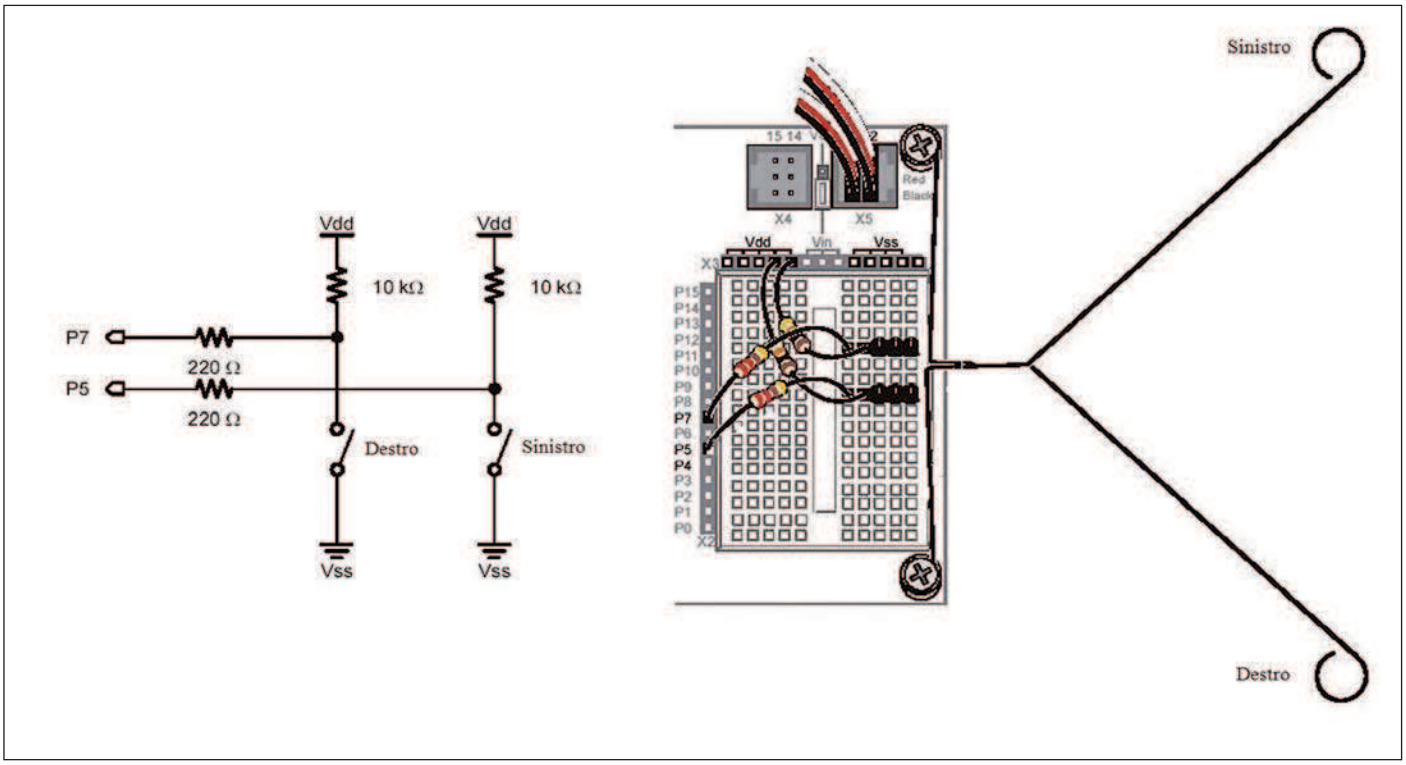


Figura 2: l'assemblaggio dei baffi.

LA NAVIGAZIONE CON I TRASDUTTORI DI LUMINOSITÀ

Questi sensori, denominati fotoresistenze, permettono al robot di rilevare l'intensità luminosa nello spettro della luce visibile, in modo per esempio, da poter distinguere il giorno dalla notte o riconoscere dei fasci luminosi.

Le fotoresistenze, sono trasduttori a semiconduttore basati sull'effetto fotoconduttivo; si tratta di un fenomeno attraverso il quale le radiazioni luminose, modificano la conducibilità elettrica di alcune sostanze sensibili come i solfuri, il cadmio o il selenio. L'energia radiante che incide sul dispositivo, provoca la rottura di alcuni legami covalenti e quindi la produzione di coppie elettrone lacuna in eccesso rispetto a quelle generate termicamente; questo determina un aumento della conducibilità e una conseguente diminuzione della resistenza elettrica del materiale. Quando la radiazione incidente viene a mancare, i portatori di carica in eccesso si ricombinano, riportando la conducibilità del semiconduttore al suo valore iniziale in condizioni di oscurità.

Il legame fra resistenza e illuminamento segue una legge esponenziale del tipo:

$R=AxE-\alpha$

Dove α é una costante che dipende dalla forma geometrica della superficie esposta alla luce; E é l'illuminamento, ovvero il flusso luminoso incidente sulla superficie unitaria; a é una costante minore di 1 che dipende dalla tecnologia usate per la costruzione del componente. La relazione fra resistenza e illuminamento del trasduttore presenta una forte non linearità ed una pendenza negativa: la fotoresistenza è pertanto un componente la cui resistenza è inversamente proporzionale alla quantità di luce che lo colpisce; in tale maniera si realizza una sorta di potenziometro comandato tramite la luce anziché tramite un movimento meccanico.

La **figura 3** riporta gli schemi di assemblaggio delle fotoresistenze sul Boe Bot: vediamo come funzionano. I PIN P6 e P3 vanno a leggere la tensione: se è superiore ad 1,4 V, memorizzano un 1 nel corrispondente registro di ingresso; se invece la tensione applicata è inferiore ad 1,4 V, memorizzano uno 0. Il valore di 1.4 V rappresenta la cosiddetta tensione di soglia dei pin I/O del BASIC Stamp, conosciuta anche come soglia logica. Quando la tensione di un pin I/O è superiore a quella soglia, il registro di ingresso dei pin I/O memorizza un 1, se è inferiore memorizza uno 0. La **figura 4** mostra il circuito equivalente del partitore di tensione a fotoresistenza collegato ad un pin di input.

La lettera R indica il valore ohmico della fotoresistenza, che può andare da pochi ohm se la luce è molto intensa, fino a circa 50 kohm nell'oscurità completa. Chiaramente anche la tensione Vo cambia con l'esposizione alla luce: se la R aumenta, Vo diminuisce e se R diminuisce, Vo aumenta. Il valore di Vo è ciò che il pin I/O del BASIC Stamp rileva quando funziona come ingresso.

Il valore esatto di Vo è determinato dal rapporto tra il valore di R e 2 kohm; ad esempio se R è maggiore di 2kohm, Vo sarà più vicino a Vss se R è inferiore di 2 k, Vo sarà più vicino a Vdd. Quando R è uguale a 2 k, Vo sarà 2.5 V. Per essere precisi, il valore di Vo è legato ai valori di Vdd, R e 2Kom dalla equazione:

Vo=2000 Vdd/(R+2000)

CONTROLLARE IL BOE BOT CON LA LUCE

Oscurare la fotoresistenza fa quindi aumentare la sua resistenza R, che a sua volta rende Vo minore. Le resistenze da 2 kohm sono state scelte per rendere il valore di Vo leggermente superiore alla soglia di 1.4 V dei pin I/O del BASIC Stamp in una stanza ben illuminata. Quando si crea un'ombra su una fotoresistenza, Vo dovrebbe scendere sotto la soglia di 1.4 V. In una stanza ben illuminata, sia IN6 che IN3 memorizzeranno il valore 1. Se ombreggiamo la fotoresistenza del partitore collegato a P6, verrà memorizzato uno 0 nel bit IN6. Similmente, se ombreggiamo la fotoresistenza del partitore collegato a P3, IN3 sarà forzato a memorizzare uno 0. Elenchiamo alcuni possibili problemi (con le relative soluzioni) che si potrebbero riscontrare con il partitore a fotoresistenza.Se il registro IN3 ed il registro IN6 non mostrano uno 0 pur ombreggiando le fotoresistenze può darsi che la stanza non sia illuminata a sufficienza, bisogna provare allora ad accendere altre lampade. In alternativa, si può sostituire le resistenze da 2 kohm con resistenze da 4.7 kohm: questo darà ai partitori di tensione un rendimento migliore in condizioni di scarsa illuminazione. Per condizioni di illuminazione veramente basse, si possono provare anche resistenze da 10 k. Se invece il registro IN3 ed il registro IN6 mostrano un valore 1 senza reagire all'ombreggiatura, ad esempio se la stanza è molto luminosa e c'è bisogno di dover avvolgere completamente la superficie sensibile delle fotoresistenze per far commutare da 1 a 0, si possono sostituire le resistenze da 2 k con resistenze di valore più basso, ad esempio resistenze da 1 kohm o anche resistenze da 470 ohm. Il **listato 2** riporta un esempio con cui Boe-Bot rileva le ombre proiettate con la mano e cerca di seguirle.

LISTATO 1

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
Count VAR Byte'  Conta-
tore     del     ciclo
FOR...NEXT.
DO
IF (IN5 = 0) AND (IN7 =
0) THEN    '   rilevato
ostacolo  su  entrambi
baffi
GOSUB Indietro
GOSUB Sinistra
GOSUB Sinistra
ELSEIF (IN5 = 0) THEN'
rilevato  ostacolo  su
baffo sinistro
GOSUB Indietro
GOSUB Destra
ELSEIF (IN7 = 0) THEN'
rilevato  ostacolo  su
baffo destro.
GOSUB Indietro
GOSUB Sinistra
ELSE 'nessun  ostacolo
rilevato
GOSUB Avanti
ENDIF
LOOP
Avanti:
PULSOUT 13,850
PULSOUT 12,650
PAUSE 20
RETURN
Sinistra:
FOR Count = 0 TO 20
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 650
PAUSE 20
NEXT
RETURN
Destra:
FOR Count = 0 TO 20
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 850
PAUSE 20
NEXT
RETURN
Indietro:
FOR Count = 0 TO 40
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 850
PAUSE 20
NEXT
RETURN
```

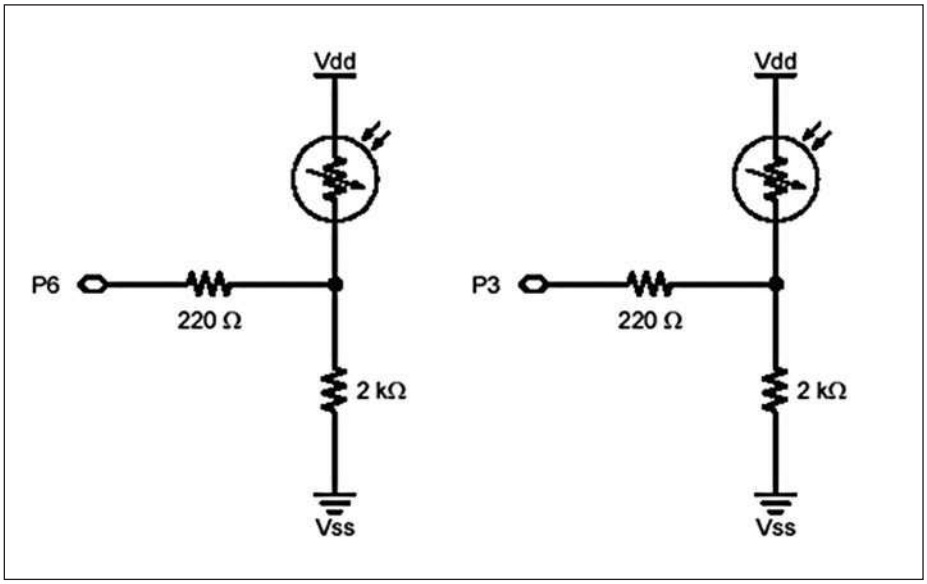


Figura 3: schemi di assemblaggio delle fotoresistenze sul Boe Bot.

LISTATO 2

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
DO
IF (IN6 = 0) AND (IN3 = 0) THEN ' Ambedue i sensori  ril-
evano Ombra
PULSOUT 13, 850       'avanzamento
PULSOUT 12, 650
ELSEIF (IN6 = 0) THEN ' Ombra rilevata a Sinistra,
PULSOUT 13, 750 ' Rotazione a Sinistra.
PULSOUT 12, 650
ELSEIF (IN3 = 0) THEN ' Ombra rilevata a destra,
PULSOUT 13, 850 ' Rotazione a Destra.
PULSOUT 12, 750
ENDIF
PAUSE 20
LOOP
```

elettroshop.com
brilliant online electronics since 1998

Utente anonimo... Login...
Il tuo carrello è vuoto

nuovo layout!

Home Page | Chi siamo | Listino/Info | Ordina | Download | Contatti | FAQ

CATEGORIE PRODOTTI

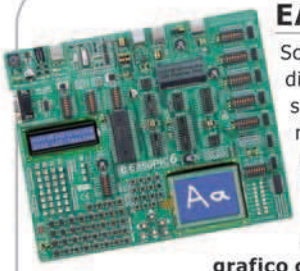
- Convertitori Serial-Ethernet
- Convertitori di Protocollo
- ZigBee
- Bluetooth
- 433 e 868 MHz
- Modem GSM/GPRS
- Interfacce USB e PCI
- CPU e moduli
- Componentistica varia
- Visualizzazione
- Sistemi di sviluppo HW/SW
- Programmatori
- CAE - CAD
- Strumentazione
- CD-ROM e pubblicazioni

RICERCA PRODOTTI
Vai
Ricerca avanzata

NEWSLETTER

Iscriviti alla nostra Newsletter (potrai sempre cancellarti in seguito)

Nome
Email
Conferma



EASYPIC6-SD

Scheda di sviluppo di grandi prestazioni, supporta i microcontrollori PIC 8/14/18/20/28/40-pin. **Versione con display alfanumerico, grafico con touch screen e sensore di temperatura.**

€ 165,00 Info

EP-EASYBE

Semplice modulo per la creazione di reti wireless usando il modulo ZigBit con Antenna dual chip a bassa potenza ed alta sensibilità.

€ 43,00 Info

EP-EASYGPS

Modulo LEA-5S basato sulla potente tecnologia u-blox 5 50-canali. Time To First Fix (TTFF) inferiore a 1 secondo e una sensibilità di acquisizione e tracking di -160 dBm.

€ 49,00 Info

EP-MICROPHAMP

Scheda amplificatore di potenza audio basata su **LM386** e dotata di microfono e morsettiera on-board.

€ 11,00 Info

EP-RFID READER

Scheda lettore di card RFid a 125 KHz utilizzabile in una vasta gamma di applicazioni e facile da collegare.

€ 19,90 Info

EP-MIKRODRIVE

Scheda array Darlington ad alta corrente (350mA x 8) ideale per collegare direttamente fino a 8 dispositivi agli outputs del microcontrollore. Può utilizzare la VCC interna o esterna ed è collegabile mediante morsettiera.

€ 14,00 Info

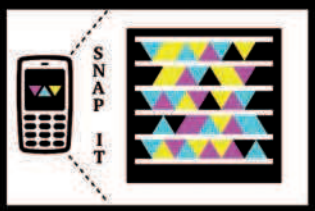
I prezzi si intendono IVA esclusa

Tools di sviluppo

MikroElektronika

www.elettroshop.com

BUONO SCONTO DEL 10%!



Scarica l'applicazione per il tuo cellulare su http://gettag.mobi

CODICE MIP 2793149

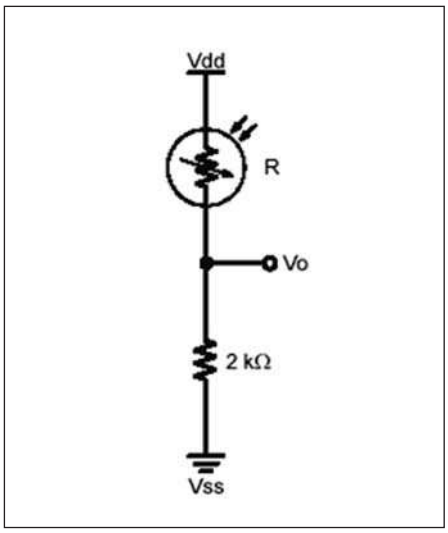


Figura 4: il circuito equivalente del partitore di tensione a fotoresistenza.

LISTATO 3

```
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}
CenterPulse CON  750
Kp1 CON  10
Kp2 CON  -10
timeRC VAR Word        '
Dichiarazione    delle
Variabili.
setpoint VAR Word
errore VAR Word
pulseLeft VAR Word
pulseRigth VAR Word
HIGH 6     '      Cali-
brazione iziale
PAUSE 3
RCTIME 6,1,timeRC
setpoint=timeRC
PAUSE 2000
DO
HIGH 6     ' Misure Del
Tempo RC
PAUSE 3
RCTIME 6,1,timeRC
IF  setpoint  >  timeRC
THEN
errore=     (setpoint-
timeRC)/10
pulseLeft  =  (errore  *
Kp1) + CenterPulse
pulseRigth  =  (errore  *
Kp2) + CenterPulse
ENDIF
GOSUB  Pulse
LOOP
Pulse:
PULSOUT 13, pulseLeft
PULSOUT 12, pulseRigth
PAUSE 5
RETURN
```

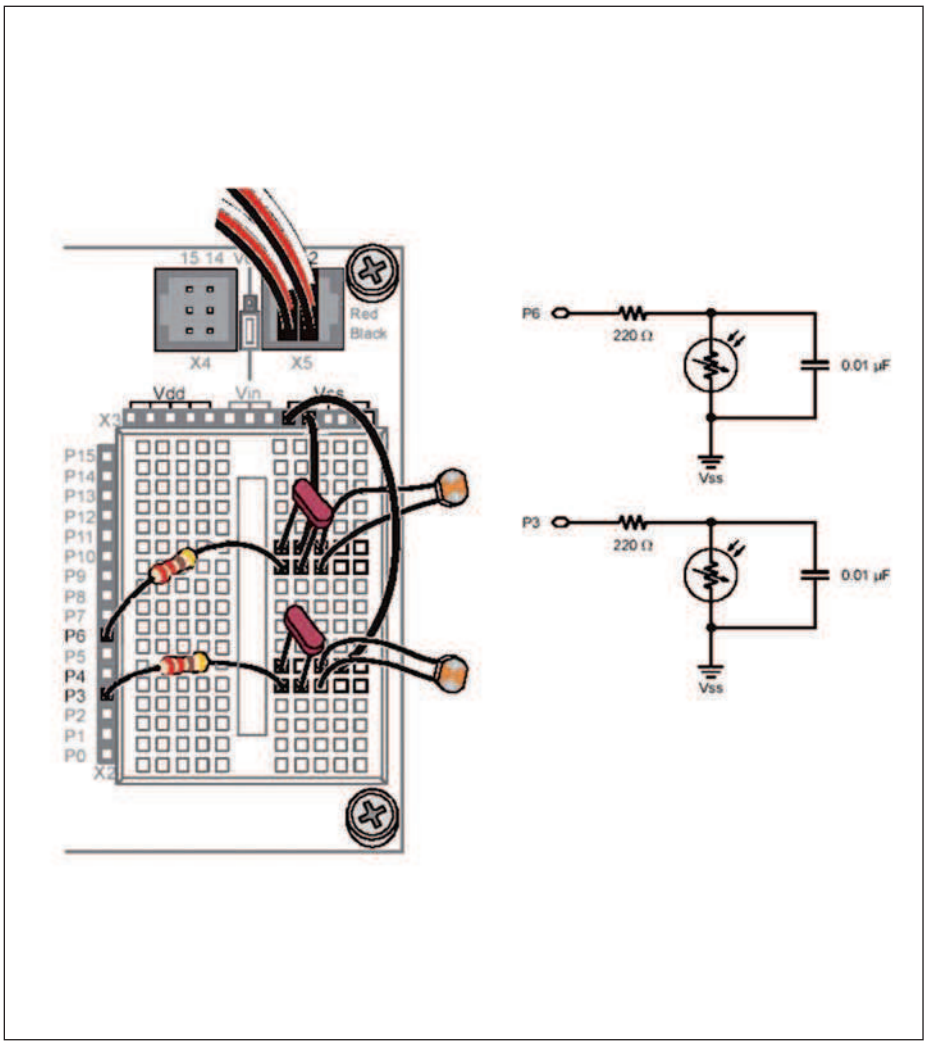


Figura 5: schema elettrico e schema di cablaggio dei circuiti del Boe-Bot per il rilevamento della luce.

MISURARE LA LUCE CON IL BOE BOT

La sola informazione che il BASIC Stamp è in grado di ottenere dal circuito precedente, realizzato con il partitore a fotoresistenza è di tipo binario e definisce se il livello luminoso è sopra o sotto una certa soglia. L'esempio che segue presenta invece un circuito diverso che il BASIC Stamp può usare per ottenere informazioni sufficienti per determinare i livelli di luminosità relativi.

Il valore che il BASIC Stamp ricava dal circuito spazierà da piccoli numeri che corrispondono alla luce brillante, a grandi numeri che corrispondono a bassa luminosità. La **figura 5** mostra lo schema elettrico e lo schema di cablaggio dei circuiti del Boe-Bot per il rilevamento della luce. Nello schema oltre alle fotoresistenze si utilizzano anche due condensatori. Un condensatore è un dispositivo che immagazzina cariche elettriche; possiamo assimilarlo ad una minuscola batteria ricaricabile. Quando P6 invia un segnale alto, essenzialmente sta caricando questo condensatore applicandogli 5 V; dopo alcuni ms, il condensatore si sarà caricato a circa 5 V. Se il programma del BASIC Stamp cambia il pin I/O in maniera che diventi un ingresso, il condensatore perde la sua carica attraverso la fotoresistenza. Man mano che il condensatore perde la sua carica, la sua tensione decade, diminuendo progressivamente.

La quantità di tempo impiegata perché la tensione sentita da IN6 scenda sotto la soglia di 1.4 V dipende da quanto la fotoresistenza limita il flusso di corrente elettrica fornita dal condensatore. Se la fotoresistenza ha un valore alto a causa di condizioni di illuminazione con poca luce, il condensatore impiega più tempo per scaricarsi. Se la fotoresistenza ha un basso valore perché la luce incidente sulla

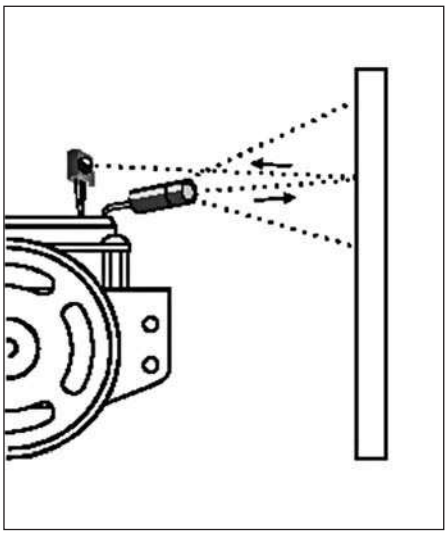


Figura 6: gli "occhi" del Boe Bot

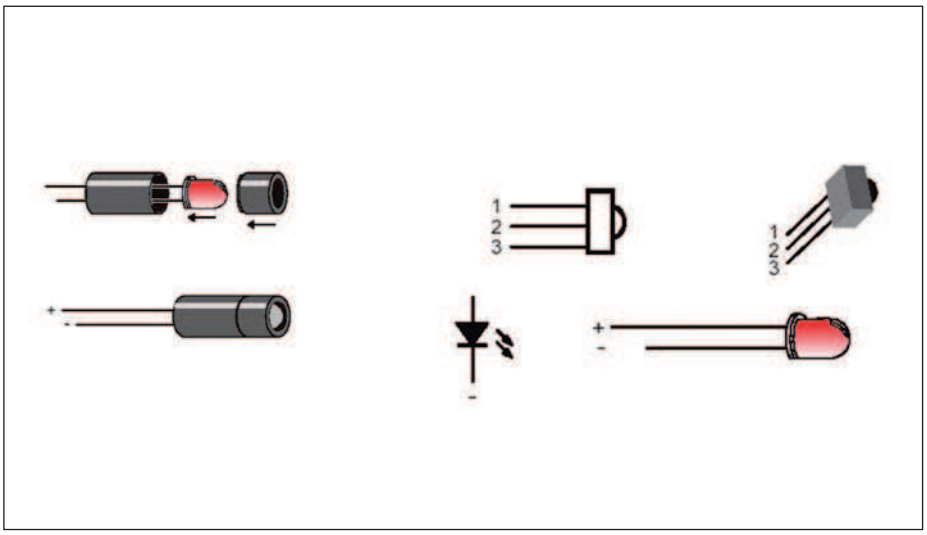


Figura 7: assemblaggio dei diodi IR.

sua superficie è molto intensa, non opporrà molta resistenza ed il condensatore perderà la sua carica molto rapidamente. Il BASIC Stamp può essere programmato per caricare il condensatore e quindi per misurare il tempo impiegato perché la sua tensione scenda ad 1.4 V. La misura di questo tempo di decadimento può essere usata per stimare quanto è realmente intensa la luce rilevata dalla fotoresistenza.
Questa misura richiede una combinazione di comandi HIGH e PAUSE insieme con un nuovo comando chiamato RCTIME. Il comando RCTIME, progettato per misurare il tempo di decadimento di un circuito ha la sintassi la seguente:

```
RCTIME Pin, State, Duration
```

L'argomento Pin corrisponde al numero del pin I/O su cui si vuole effettuare la misura. Per esempio, se vogliamo fare la misura su P6, l'argomento Pin sarà 6; l'argomento State può essere sia 1 che 0: dovrebbe essere 1 se la tensione ai capi del condensatore è superiore a 1.4 V e diminuisce, mentre dovrebbe essere 0 se la tensione ai capi del condensatore è inferiore ad 1.4 V ed aumenta. Per i circuiti della **figura 5**, la tensione ai capi del condensatore inizierà vicino ai 5 V e diminuirà verso 1.4 V, detto questo l'argomento State dovrà essere 1; l'argomento Duration infine deve essere una variabile dove memorizzare la misura del tempo, ed è espressa in unità di 2 µs. Per misurare il tempo di decadimento RC, la prima cosa da fare è assicurarsi di aver dichiarato la variabile per la memorizzazione della misura del tempo:
timeRC VAR Word
Le tre righe di codice che seguono caricano il condensatore, misurano il tempo di decadimento RC e quindi lo memorizzano nella variabile timeRC:

```
HIGH 6
PAUSE 3
RCTIME 6,1,timeRC
```

Per arrivare alla misura, il codice implementa questi tre passi:
1. inizia caricando il condensatore collegando il circuito a 5 V (usando il comando HIGH).
2. Usa PAUSE per dare al comando HIGH tempo sufficiente per la carica del condensatore del circuito RC.
3. Esegue il comando RCTIME, che imposta il pin /IO come ingresso, misura il tempo di decadimento (da circa 5 V ad 1.4 V), e lo memorizza nella variabile timeRC.
Con questa tecnica, si possono implementare dei controlli di tipo proporzionale. Il **listato 3** riporta un esempio di applicazione in cui velocità di avanzamento del Boe-Bot è controllata dalla luminosità. Il robot dopo un setpoint iniziale da fare in condizioni di oscurità quasi totale, avanzerà in avanti con una velocità che potrà essere regolata ombreggiando con una mano la fotoresistenza.
Il programma ha inizio con una fase iniziale di calibrazione, con cui il Boe Bot acquisisce il valore della luminosità dell'ambiente.
È importante che il sensore sia oscurato del tutto in questa fase, che dura circa due secondi. A questo punto i servomotori attraverso le istruzioni:
pulseLeft = (errore * Kp1) + CenterPulse
pulseRigth = (errore * Kp2) + CenterPulse
saranno pilotati con degli impulsi la cui durata aumenta in funzione della luminosità; in pratica all'aumentare del livello di luminosità aumenterà anche la velocità di rotazione. Oscurando bene la fotoresistenza il robot rallenterà fino ad arrestarsi quasi del tutto.

LA NAVIGAZIONE AD INFRAROSSI

Con pochi componenti accessori, il BASIC Stamp può ricevere e trasmettere segnali a luce infrarossa per "illuminare" il suo percorso e determinare quando la luce viene riflessa, ad esempio da un ostacolo.
Gli Infrarossi corrispondono alla radiazione elettromagnetica che ha una frequenza inferiore della luce rossa. I LED IR e i rivelatori che useremo lavorano a 980 nanometri, nel campo del cosiddetto infrarosso vicino.
Il Boe-Bot usa i LED IR per emettere segnali: nel caso la radiazione viene riflessa dagli oggetti, questa viene intercettata dagli "occhi" del robot (**figura 6**) costituiti da appositi rivelatori; questi dispositivi in pratica inviano dei segnali al BASIC Stamp indicando se sono stati rilevati o meno infrarossi riflessi da un oggetto. Il BASIC Stamp, sulla base di queste in-

LISTATO 4

```
' {$STAMP BS2} ' Diret-
tiva Stamp.
' {$PBASIC 2.5} ' Diret-
tiva PBASIC.
irLeft VAR Bit
irRight VAR Bit
pulseCount VAR Byte
DO
FREQOUT 8, 1, 38500
irLeft = IN9
FREQOUT 2, 1, 38500
irRight = IN0
IF (irLeft = 0) AND (ir-
Right = 0) THEN
GOSUB Back_Up
GOSUB Turn_Left
GOSUB Turn_Left
ELSEIF (irLeft = 0) THEN
GOSUB Back_Up
GOSUB Turn_Right
ELSEIF (irRight = 0)
THEN
GOSUB Back_Up
GOSUB Turn_Left
ELSE
GOSUB Forward_Pulse
ENDIF
LOOP
Forward_Pulse:
PULSOUT 13,850
PULSOUT 12,650
PAUSE 20
RETURN
Turn_Left:
FOR pulseCount = 0 TO 20
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 650
PAUSE 20
NEXT
RETURN
Turn_Right:
FOR pulseCount = 0 TO 20
PULSOUT 13, 850
PULSOUT 12, 850
PAUSE 20
NEXT
RETURN
Back_Up:
FOR pulseCount = 0 TO 40
PULSOUT 13, 650
PULSOUT 12, 850
PAUSE 20
NEXT
RETURN
```

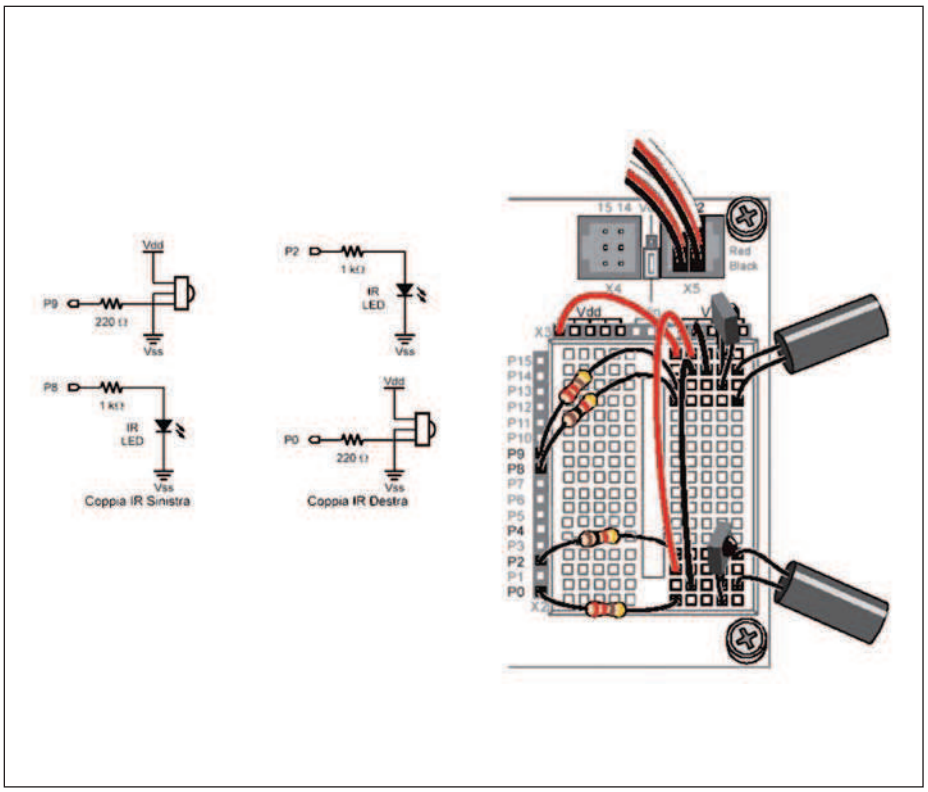


Figura 8: schema elettrico dei circuiti degli illuminatori IR e dei rivelatori.

formazioni prende le decisioni ed attiva i servo motori per pianificare il moto. I rivelatori di infrarosso hanno un filtro ottico incorporato centrato sulla lunghezza d'onda di 980 nm; sono inoltre dotati di un filtro elettronico che permette il solo passaggio dei segnali con una frequenza di 38.5 kHz. In altre parole ogni rilevatore, è sensibile agli infrarossi con lunghezza d'onda di 980 nm e con una frequenza di 38,500 pulsazioni al secondo. Questo previene le interferenze IR da sorgenti di infrarossi come la luce solare e l'illuminazione domestica.

Per assemblare i diodi IR è sufficiente inserirli nel loro involucro come mostrato nella **figura 7**. Su ciascun lato della scheda prototipi viene poi montata una coppia IR (LED IR e Rivelatore).

La **figura 8** mostra lo schema elettrico dei circuiti degli illuminatori IR e dei rivelatori. Il **listato 4** mostra una routine per la navigazione, attraverso la quale il Boe Bot rileva gli ostacoli lungo il suo percorso attraverso i diodi ed i rilevatori IR e li aggira.

Il programma inizia con la dichiarazione di due variabili binarie, irLeft e irRight, associate ai sensori di rilevamento e di una variabile contatore. La routine principale, attraverso l'istruzione FREQOUT 8, 1, 38500 fa emettere al Basic Stamp un segnale su P8 alla frequenza di 38500 hz; dopo avere emesso il segnale IR, il controllore verifica se arriva o meno un'eco di ritorno attraverso il valore acquisito dal sensore collegato a P9 ed il cui stato è memorizzato all'interno del bit IN9. La stessa identica procedura è ripetuta per il LED IR collegato su P2 e per il rilevatore collegato su P0.

A questo punto, a seconda delle quattro combinazioni di valori che assumono i rilevatori, il robot decide come pianificare il moto:

- irLeft =0 AND irRight =0 ostacolo rilevato su entrambi i rilevatori: retromarcia e inversione ad U
- irLeft=0 AND irRight =1 ostacolo rilevato a Sinistra: retromarcia e curva a destra
- irRight =0 irLeft=1 ostacolo rilevato a Destra: retromarcia e curva a sinistra
- irLeft=1 AND irRight =1 nessun ostacolo rilevato: marcia avanti. ❑

CODICE MIP 2772376

MARCHEFIERE

Quartiere Fieristico CIVITANOVA MARCHE (MC)

11-12 DICEMBRE 2010

Orario:
9-13
15-19,30

31ª Mostra Mercato Nazionale
Radiantistica Elettronica

Materiale radiantistico per C.B. - Antenne e Parabole per radioamatori
Apparecchiature per telecomunicazioni - Surplus - Elettronica
Telefonia - Computers - e TV sat - Hi-Fi
Radio d'epoca - Editoria specializzata

Salone del Fumetto e Ludoteca
MOSTRA MERCATO SCAMBIO

- Fumetto collezionismo - vecchi e nuovi
- cartoons
- videogiochi
- giochi di ruolo
- giochi di carte

11º Mercatino del Radioamatore

Libero scambio tra privati di apparecchiature amatoriali

in collaborazione con Associazione Radioamatori Italiani
Sezione di Civitanova Marche

DISCO

Mostra mercato del disco usato in vinile
e CD da collezione

info
ERF • ENTE REGIONALE PER LE MANIFESTAZIONI FIERISTICHE
Quartiere Fieristico di Civitanova Marche • Tel. 0733 780815 • Fax 0733 780820
www.erf.it - segreteria.radiantistica@erf.it

CODICE MIP 2780156

Microsoft Robotics Studio – sesta parte

Visual Programming LANGUAGE

Microsoft Robotics Studio è un ambiente di lavoro in grado di interagire con le proprie applicazioni attraverso Microsoft Visual Programming Language, conosciuto anche come VPL: un potente strumento grafico per definire il proprio progetto e interagire con le diverse componenti.

Visual Programming Language (VPL) permette di interagire con il progetto in un modo estremamente flessibile senza togliere nulla al design, ma, anzi, permette di semplificarne il progetto. In effetti, VPL è uno strumento grafico in grado di creare ed eseguire le proprie applicazioni dalla più semplice a quella più complessa. Grazie a VPL il design del nostro progetto diventa più intuitivo e, in base alle singole componenti, l'interfaccia tra i singoli moduli è estremamente semplice senza conoscere nel dettaglio il flusso di funzionamento. Come avevamo posto in evidenza sin dalle prime puntate, la suite Microsoft Robotics Studio è composta da quattro moduli: il modulo per la concorrenza e Coordination Runtime (CCR), il Decentralized Software Services (DSS), Visual Programming Language (VPL) e Visual Simulation Environment (VSE).
Diverse persone, tra cui Travor Taylor, hanno classificato VPL come un linguaggio di flusso di dati, ovvero diventa possibile con VPL costruire applicazioni attraverso la selezione e la definizione di moduli grafici. Utilizzando la risorsa grafica vediamo che possono essere inseriti diversi moduli VPL in base alle proprie esigenze,

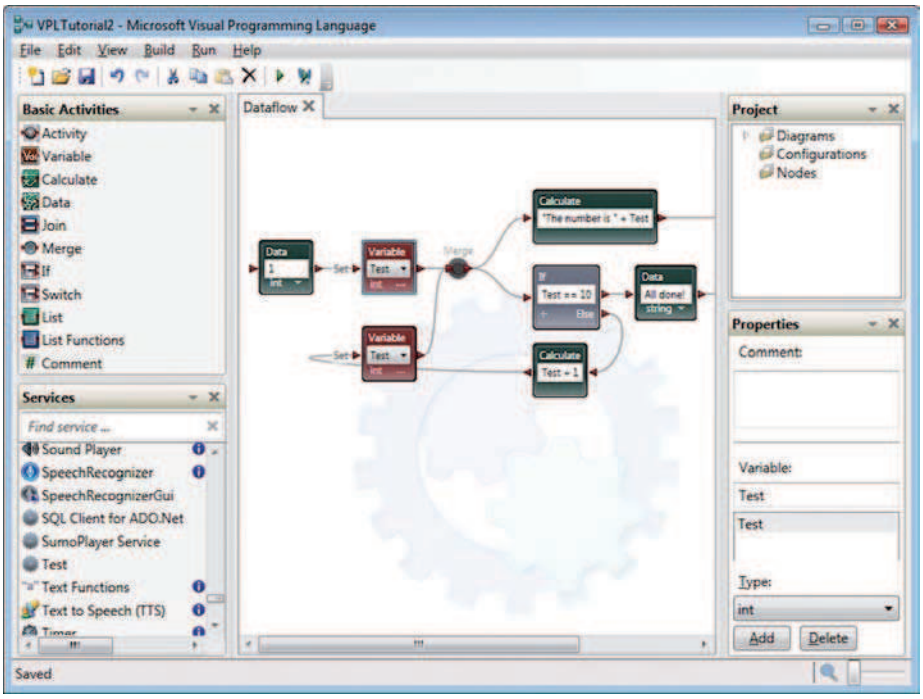


figura 1: Tavolo di lavoro.

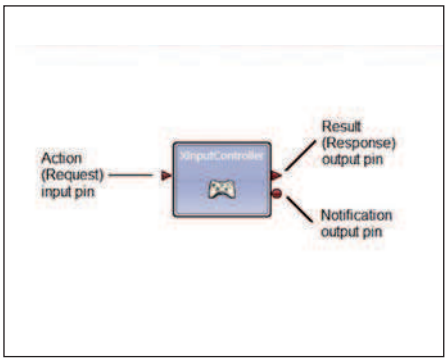


figura 2: xbox 360.

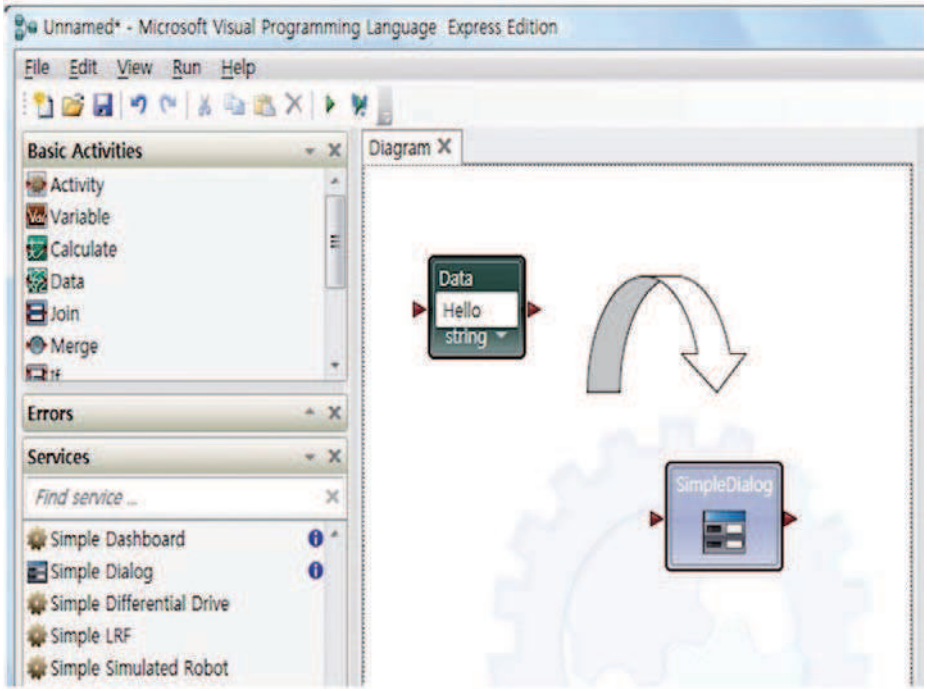


figura 3: Hello World.

in questo caso il flusso dei dati non fa altro che passare tra i singoli blocchi.
In effetti, con VPL diventa possibile costruire un'applicazione, comunque complessa, utilizzando l'interattività dell'ambiente grafico: attraverso l'uso del mouse e con i relativi meccanismi di drag&drop è possibile spostare singoli elementi nel design, oltre ad utilizzare le connessioni per specificare i flussi di ingresso e uscita.
In questo caso, quando parliamo di elementi ci vogliamo riferire ad una qualsiasi componente del nostro design: da semplici linee di informazioni o dati a servizi comunque complessi.
In VPL si utilizza il termine di blocchi al fine di costruire le singole applicazioni, ogni blocco è identificato come un'attività (activity) o servizio com'è messo in evidenza nella parte a sinistra della **figura 1**.
Le attività di base sono in grado di sopperire a semplici funzioni quali l'implementazione di meccanismi di if…then…else o la gestione di variabili. La **tabella 1** pone in evidenza le attività di base più diffuse utilizzabili da qualsiasi sviluppatore.
Le activities possono gestire servizi o componenti pre-costruiti quali data–flow, funzioni o altri moduli utilizzati nel nostro contesto. Così, la nostra applicazione può anche essere rappresenta come l'unione di moduli separati tra loro connessi secondo una relazione già stabilita in fase di disegno.Un'Activities può anche essere vista come il risultato della composizione di altre actvities.
Ricordiamo che la funzione principale di un'activity è quella di accettare in ingresso un messaggio e di inviare verso l'esterno della funzione il risultato della computazione richiesta: l'interazione tra il segnale in ingresso e l'uscita che si produce dipende dal tipo di activity scelta.
Così, diverse activities possono essere messe in relazione tra loro allo scopo di produrre una nuova activity, ma non solo, un messaggio di uscita di un'activity può essere utilizzata come messaggio di ingresso di un'altra.
Esiste anche la possibilità di definire delle user-activity con comportamenti definiti in sede di design. Così, un'user-actitvity può contenere un'altra activity che a sua volta può contenere un riferimento a sé stesso. Un'activity può anche accettare, in ingresso, qualsiasi messaggio e restituirne un altro in uscita, oltre alla possibilità di gestire le notifiche.
Non solo, è anche possibile gestire activity e servizi appartenenti a diverse implementazione o a ciascuna specifica piattaforma. Ad esempio, in VPL è possibile utilizzare servizi appartenenti alla piattaforma Boe-Bot: con Boe-Bot BASIC Stamp 2 è possibile controllare e gestire l'accesso al controller BASIC Stamp 2, o, ancora, con Boe-Bot Generic Contact Sensor è possibile accedere a diversi sensori presenti e supportati da Boe-Bot, tra cui i sensori ad infrarossi utilizzati per rilevare eventuali collisioni.
Accanto ai servizi disponibili in MSRS esistono anche un gran numero di servizi generici utilizzati sulle più svariate piattaforme, vedi a questo proposito la **tabella 2**.
È possibile inserire i servizi previsti dalla **tabella 2** nelle proprie applicazioni VPL allo scopo di ottenere un sistema automatico in grado di interfacciarsi con sensori esterni e regolarne il movimento: così, il servizio chiamato Boe-Bot Generic Drive utilizza il Generic Differential Drive.
Oltre alla possibilità di utilizzate servizi generici e specifici di piattaforma di lavoro, esistono anche servizi definiti come *miscellaneous* che permettono di offrire alcune prerogative alla nostra applicazione.
Ad esempio, il servizio Explorer offre un servizio di navigazione in grado di evitare oggetti ed esplorare l'ambiente di lavoro.
Oppure con Simple Vision è possibile gestire l'ambiente esterno attraverso una videocamera allo scopo di ottenere una vista dell'ambiente eterno.
Le possibilità sono enormi: ogni servizio permette di gestire un particolare aspetto, così con Game Controller è possibile accedere ad un controller DirectInput come un joystck o gamepad o, ancora, con

Tabella 1 – Alcune Activity di base disponibili in VPL

NOME	DESCRIZIONE
Activity	Utilizzata per creare una nuova Activity. Un'Activity di questo tipo è anche classificata come user Activity e assume il comportamento in base alle definizioni del nostro progetto. Oltre a gestire messaggi in ingresso e produrre relazioni di uscita, un'activity è in grado di gestire anche le notifiche.
Variable	É utilizzata per gestire un valore che, a sua volta, può essere utilizzata in un altro blocco. In ambiente .NET è possibile utilizzare tipi int, string o boolean. Il nome della variabile sono case-sensitive.
Calculate	Utilizzata per sopperire a semplici funzioni di calcolo quali addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione. Non solo, è anche possibile utilizzare anche operatori logici.
Data	Utilizzata per fornire un dato ad un'altra activity. È opportuno ricordare che il valore del dato deve essere uno di quelli supportati dai tipi di .NET.
Join	Implementa l'operazione di sincronizzazione. In effetti, questa relazione è utilizzata al fine di combinare il risultato di una Activity. Questa particolare funzionalità invia i dati verso la sua uscita una volta che in ingresso transita un messaggio.
Merge	É utilizzata per relazionare il comportamento di due o più Activity block. Il risultato di questa Activity può essere inviata ad un blocco successivo. Il comportamento di questa funzionalità è differente da Join.
If	Utilizzata per gestire una espressione condizionale come una If…Then…Else. L'espressione può anche contenere un operatore di uguale, minore e diverso (condizionale).
Switch	Questa funzionalità è simile all'istruzione case: questa Activity block deve valutare l'espressione in ingresso e inviare la risposta a uno delle differenti statement.
List	Servizio utilizzato per creare una lista di data per uno specifico data type. Può essere utilizzata come ingresso di un'altra Activity block.

Tabella 2 – Alcuni servizi generici include in MSRS

NOME	DESCRIZIONE
Generic Analog Sensor	Permette di accedere a sensori di tipo analogici, come ad esempio i sensori presenti sulla piattaforma LEGO Mindstorms NXT.
Generic Analog Sensor Array	Permette di accedere verso un array di sensori.
Generic Articulated Arm	Permette di controllare il movimento di un braccio meccanico, come KUKA LBR3.
Generic WebCam	Classe di servizi utilizzati per accedere ad una webcam e alle funzionalità di capture image.
Generic Stream	Classe che fornisce funzionalità di accesso bidirezionale su stream.
Generic Encoder	Utilizzata per controllare un motore DC con encoder feedback, come di quelli presenti su LEGO Mindstorms NXT.
Generic Motor	Classe di servizi per consentono di gestire un servo motor, dalla sua abilitazione alla gestione dei livelli.

XInput Controller è possibile ottenere l'accesso al controller che utilizza un Xbox 360 gamepad così come pone in evidenza la **figura 2**.
Visual Programming Language si basa su CCR e DSS e per questo motivo è possibile gestire la modalità asincrona e ricevere/inviare le relative notifiche dei servizi.

SEMPLICE ESEMPIO

Vediamo come funzione VPL aiutandoci con un semplice esempio. Proviamo a utilizzare per questo scopo il classico esempio utilizzato nel linguaggio C di K&C, ossia visualizziamo "Ciao Mondo" utilizzando Microsoft Visual Programming Language. Per svolgere questo esercizio utilizziamo due activity: un data block e un Simple Dialog block, come mostrato nella **figura 3**.
Una volta lanciato l'ambiente di lavoro con VPL creiamo il nostro progetto, dal menu file selezioniamo New. Per prima cosa dobbiamo selezionare Data Activity e, dal menu tendina, scegliamo *string*. Fatte le opportune scelte possiamo scrivere il messaggio che vogliamo visua-

LISTATO 1 FILE DI CONFIGURAZIONE

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<SerialPortState

xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSch
ema"

xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSch
ema-instance"
 xmlns=http://www.promrds.com/contracts/
2009/12/serialport.html
 >
 <OpenOnStart>false</OpenOnStart>
 <Asynchronous>false</Asynchronous>
 <Config>
 <PortNumber>1</PortNumber>
 <BaudRate>57600</BaudRate>
 <Parity>None</Parity>
 <DataBits>8</DataBits>
 <StopBits>One</StopBits>
 <ReadTimeout>0</ReadTimeout>
 <WriteTimeout>0</WriteTimeout>
  <InterCharacterDelay>0</InterCharac-
terDelay>
 </Config>
 <LastByteReceived>0</LastByteReceived>
 <IsOpen>false</IsOpen>
</SerialPortState>
```

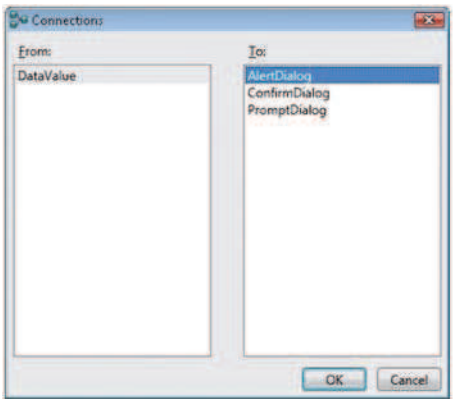


figura 4: Connections.

BOLOGNA
Mondo Elettronica.net
FIERA DELL'ELETTRONICA
INFORMATICA E RADIANTISMO
23-24 OTTOBRE
BOLOGNA
PALANORD
PARCO NORD
Da stazione FS - Bus n.25 ogni 15'
Uscita Tangenziale n. 7 bis
ORARIO 9,00 - 18,30
PARCHEGGIO GRATUITO
Elettronica - Hardware
Software - Telefonia - Digitale
Surplus -TV-SAT - Videogames
Componentistica - LCD
Hobbistica - Accessori
Materiali di consumo - Radiantismo
Dischi e CD - HI-FI - Mp3 - Mp4
DISCO CD&DVD
exposition SERVICE ORGANIZZAZIONE EVENTI
Tel. 0545 27548 - Cell. 348 9030832
info@expositionservice.it
www.mondoelettronica.net
VALE COME RIDOTTO ANCHE IN FOTOCOPIA
CODICE MIP 2779665

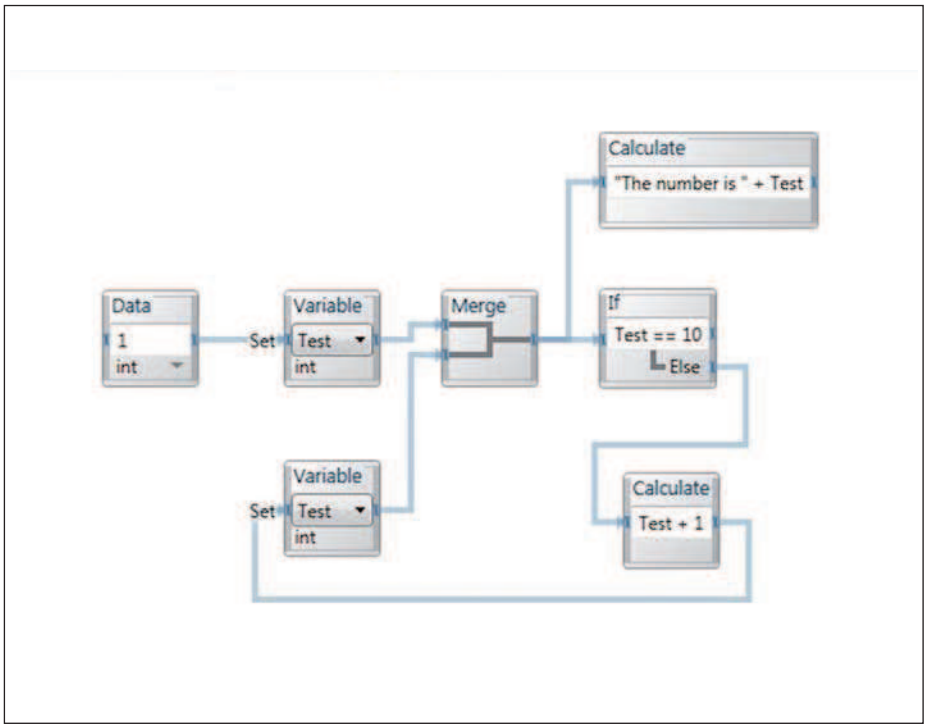


Figura 5: Struttura condizionale.

lizzare all'interno del data Activity. Dalla sezione Services scegliamo Simple Dialog e tracciamo una connessione tra la connessione di uscita dell'Activity block e l'ingresso di Simple Dialog.
Una volta aperta la dialog box di Data Connections, vedi **figura 4**, selezioniamo Data*Value* e AlertDialog confermando il tutto attraverso l'opzione corrispondente.
Successivamente selezioniamo *value* e applichiamo Data Activity al messaggio testuale per *Alert* su questa finestra. Al contrario, la **figura 5** mostra la visualizzazione di un altro esempio: una struttura condizionale.

CONTROLLIAMO UN ROBOT

Come possiamo controllare un robot in remoto? La maggior parte dei robot utilizzano dei microcontrollori e di conseguenza risultano disponibili diverse periferiche, tra cui connessioni di tipo Blootooth e seriali rs232. Per applicazioni di questo tipo, connessioni remote, la gestione più interessante e utile è sicuramente una del tipo wireless, come 802.11.
Esistono in commercio diversi robot in grado di supportare un'interfaccia Bluetooth, come NXT Lego o Boe-Bot o, qualora risulti assente, è possibile sopperire a questa funzionalità utilizzando l'interfaccia USB.
Una connessione del tipo Bluetooth semplificherebbe il nostro design perché per un'interfaccia di questo tipo può essere utilizzata una linea seriale virtuale.
Nella puntata precedente abbiamo già messo in evidenza un particolare protocollo utilizzabile con un design di questo tipo: un protocollo basato su data frame dove ogni campo corrisponde ad un particolare messaggio con dei segnali di acknolowdge e con un checksum complessivo di messaggio. Un'implementazione di questo tipo può rappresentare sicuramente un buon compromesso.
Dal sito della rivista è possibile prelevare un piccolo progetto di una seriale integrato in VPL.Nel file compresso ci sono tre moduli software utilizzabili: SerialPort.cs, SerialPortTypes.cs e SerialPort.manifest.xml. Il primo modulo contiene l'implementazione del servizio, il modulo SerialPortTypes.cs contiene, al contrario, le definizioni dello stato del servizio, i tipi di operazioni e i tipi di messaggio. Per ultimo, SerialPort.manifest.xml contiene tutte le informazioni per mettere insieme l'intera applicazione.
Il progetto permette di utilizzare, espresso come modulo, una connessione seriale in VPL. Il cuore del servizio si trova in SerialPort.cs e tutti i servizi relativi sono derivati da DsspServiceBase, oltre alla presenza di numerose proprietà e metodi di supporto. Il comportamento di ogni servizio può essere impostato per mezzo del file di configurazione, così possiamo definire l'inizializzazione del servizio o l'apertura della porta mediante *OpenOnStart* presente nella configurazione.
L'uso di un file di configurazione risulta estremamente utile perché, ad esempio, nel nostro caso permette di modificare il numero della porta seriale senza dover ricompilare il tutto.
Il nome del file di servizio è impostato in SerialPort.cs, ossia nel momento in cui si dichiara l'istanza di stato.
Il mostra il file di configurazione utilizzato in SerialPortState. Per sfruttare pienamente le prerogative di VPL non bisogna trascurare nessun aspetto. Per esempio, in VPL è possibile inserire, in forma grafica, un modulo all'interno della nostra applicazione. Sicuramente per svolgere questo ruolo risulta necessario definire le icone e i riferimenti ad esse.
Così, in SerialPort.cs definiamo la seguente porzione di codice:

- [DisplayName("Serial Port Service")]
- [Description("SerialPort service provides access to a Serial (COM) Port")]

Visualizziamo "Serial Port Service" nell'elenco dei servizi disponibili in VPL, vedi **figura 6**, mentre con Description si ottiene la possibilità di visualizzare una breve descrizione ogni qualvolta ci spostiamo con il mouse sul servizio. Non solo, all'interno dei diagrammi VPL viene anche visualizzato una icona corrispondente, già presente nel progetto, che rappresenta il blocco del servizio.
L'icona deve essere correttamente dimensionati con una rappresentazione di 32x32 e 16x16 per l'anteprima. I nomi dei file delle immagini devono iniziare con il nome della classe di servizio, in questo caso SerialPortService.
La flessibilità del servizio fornito è garantita dal file di configurazione espresso in XML; è possibile, infatti, definire la porta da utilizzare, il baud rate e tutti i parametri di controllo tipici di una connessione seriale. Non solo, sempre dallo

Tabella 2 – Alcuni servizi generici include in MSRS

VPL TYPE	DESCRIZIONE
bool	Boolean values: true, false
Byte	8 bit unsigned integer
sbyte	8 bit signed integer
char	character
Decimal	fixed point decimal number
Double	double precision floating point number
Float	single precision floating point number
Int	32 bit signed integer
Uint	32 bit unsigned integer
Long	64 bit signed integer
Ulong	64 bit unsigned integer
Short	16 bit signed integer
Ushort	16 bit unsigned integer
String	character string (text)

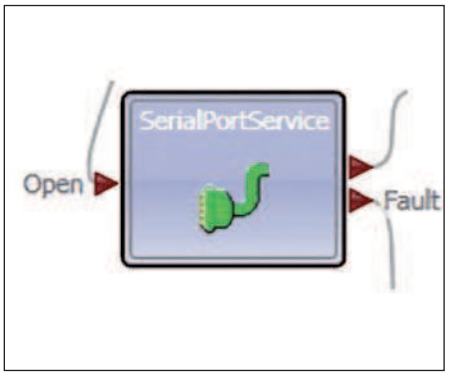


figura 7: rappresentazione grafica.

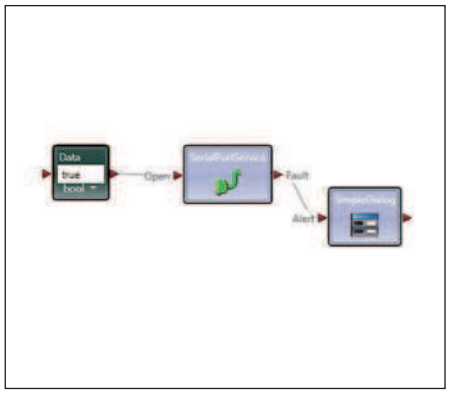


figura 8: connessioni stabilite.

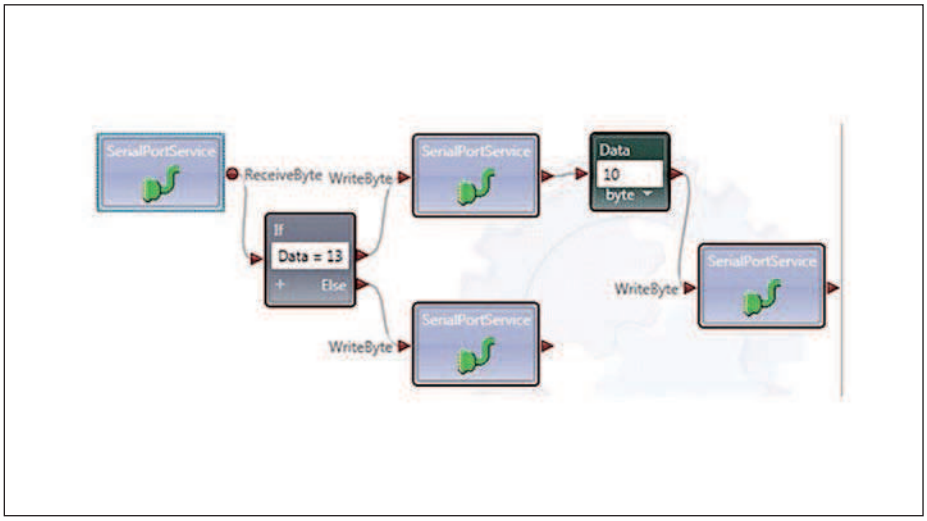


figura 9: esempio completo.

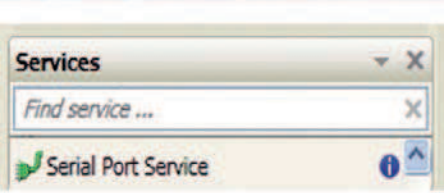


figura 6: il nostro progetto.

stesso file, è anche possibile gestire l'apertura automatica della porta spuntando il flag relativo o la possibilità di utilizzare una gestione di tipo sincrono piuttosto che asincrono spuntando il flag *Asynchrnous*. Come in tutte le linee di comunicazioni, in modalità asincrona le letture e le scrittura non sono tra loro relazionabili, mentre con una gestione sincrona per procedere ad un'operazione di scrittura occorrerà aspettare che la precedente operazione di lettura sia andata a buon fine.
In ambiente VPL le diverse gestioni di funzionamento sono del tutto trasparenti; in sostanza, il flusso dei messaggi è sospeso fino a quando non saranno acquisite tutte le informazioni. Occorre, a questo riguardo, però fare una precisazione: in ambiente VPL un meccanismo di tipo asincrono è in realtà sincrono, ossia ad ogni byte ricevuto corrisponde una notifica verso i diversi sottoscrittori che hanno chiesto il servizio. In buona sostanza, le operazioni di tipo DSSP devono inviare una corrispondente notifica.
Il progetto comprende due esempi, EchoAsynch e EchoSynch. Per condurre il test è possibile fare ricorso a due seriali tra loro connessi con HyperTerminal o un computer con due seriali fisiche.
Attraverso l'ambiente VPL è possibile definire così la nostra semplice applicazione impostando gli opportuni valori della porta seriale. La **figura 6** mostra la rappresentazione grafica del nostro componente.Utilizzando VPL possiamo collegare i diversi blocchi come mostra la **figura 8** allo scopo di ottenere una configurazione asincrona. Il risultato di questa operazione è la funzionalità di EchoAsynch presente nel programma. La **figura 9** pone in evidenza l'applicazione finale una volta costruito, con l'aiuto dei singoli componenti, il flusso completo.
Dalla figura notiamo che l'applicazione riceve in ingresso un carattere, *ReceiveByte*, e lo invia, con l'aiuto di *WriteByte*, alla porta corrispondente: in sostanza abbiamo costruito un loop-back.Il carattere 13 è il *carriage return*, mentre 10 è il carattere di *Line Feed* utilizzato per spostarsi alla riga successiva. ❑

PER *approfondire...*

[1] http://www.promrds.com/default.htm

Lo shop della Community dell'elettronica

PRIMO PIANO

Una imperdibile offerta di abbonamento!

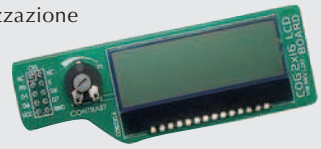
Abbonamento a 6 numero di Firmware Edizione Digitale, compreso 1 anno di iscrizione al Club di Firmware e 1 anno di Fare Elettronica.

PREZZO: € 69.50

NOVITA'

EP-COG BOARD

COG Display (Chip-on-Glass LCD) - Una soluzione eccellente per la visualizzazione di messaggi di testo dove è richiesto un basso profilo (come dispositivi portatili e mobili in mano). Questa scheda viene usata per la visualizzazione di informazioni quali messaggi di testo. COG (chip-on-Glass) 2x16 LCD board può essere facilmente collegato con il microcontrollore. Bisogna solo caricare esempi di microcontroller e si è pronti per la creazione di dispositivi in grado di visualizzare messaggi di testo.

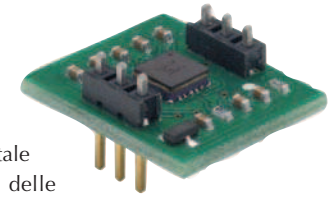


CODICE: EP-COG BOARD

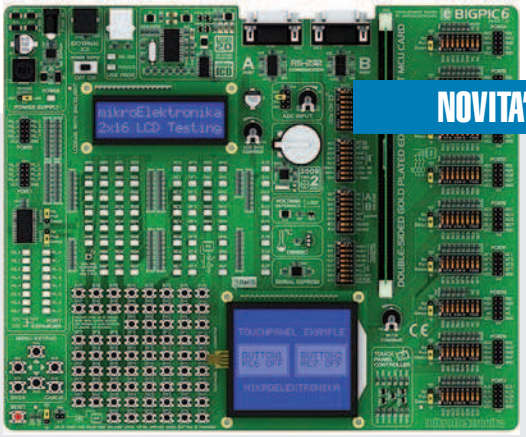
PREZZO: € 11.88

Accelerometro a 3 assi

L'accelerometro a tre assi della Hitachi H48C è un modulo integrato che può percepire la forza gravitazionale (g) di ±3g su tre asssi (X, Y e Z). Il modulo contiene un regolatore a bordo per fornire un'alimentazione di 3.3 volt al H48C. A bordo dell'accelerometro è presente anche un convertitore analogico-digitale (MCP3204) per indicare la tensione d'uscita. L'acquisizione delle misure dal modulo è facilitata attraverso un'interfaccia di seriale sincrona.



CODICE: 28026 ***PREZZO: € 55.20***



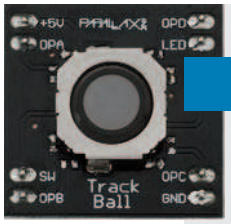
NOVITA'

BIGPIC6

La BIGPIC6 è una scheda di sviluppo completa per microcontrollori Microchip 64 e 80 pin PIC (PIC18F8520 incluso). La nuova BIGPIC6 comprende: touch-screen controller, programmatore USB2.0, USB2.0 In-Circuit Debugger, interfacce di visualizzazione LCD/GLCD e molti altri dispositivi di I/O utili.

CODICE: BIGPIC6

PREZZO: € 154.80



NOVITA'

Modulo trackball

Aggiungete un divertente componente all'interfaccia per i vostri progetti Propeller con il Modulo Trackball da Parallax! Simile alla trackball trovato su molti telefoni intelligenti, questo sensore è facilmente trasportabile e può essere utilizzato per sostituire un mouse in molte applicazioni. Il modulo è dotato di trackball un interruttore costruito nel centro di selezione e di un LED rosso che può essere programmato per accendersi insieme alla trackball quando desiderato.

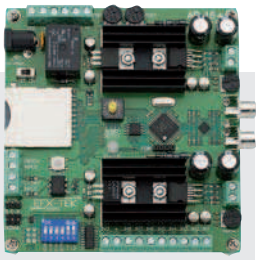
CODICE: 27908

PREZZO: € 18.00

Modulo wav Player

NOVITA'

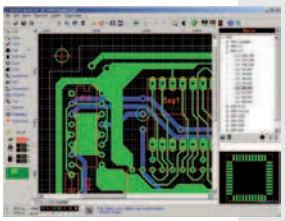
Avere il pieno controllo sul suono ora è semplice quanto utilizzare una SD card! AP-16+ vi permette di riprodurre files WAV stereo ad alta qualità per la vostra card SD standard attraverso due amplificatori 20W (uno per canale). Caratteristiche avanzate quali randomizzazione built-in, inputs ausiliari e l'abilità di usare dry-contact, (isolato a livello ottico) da 12 a 24 DC, o un sensore PIR (o compatibile) rendono l'AP-16+ un prodotto unico. Per il controllo stand-alone, l'AP-16+ include potenziometri pre e post-play, così come un relay attivo mentre l'audio è in funzione. Avete bisogno di background audio mentre il vostro prop non è in esecuzione? Nessun problema, l'AP-16+ include un controllo di ambient loop proprio per quel fine.



CODICE: 31316

PREZZO: € 154.80

OFFERTA

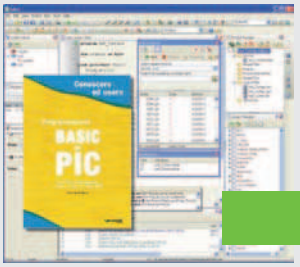


Per fare i circuiti stampati...

Con Sprint-Layout è possibile disegnare il proprio PCB in modo facile e veloce. Non c'è alcun vincolo di utilizzo e accesso alle potenzialità di questo strumento di lavoro. Grazie alla semplice e intuibile struttura di Sprint-Layout l'apprendimento di utilizzo è ampiamente semplificato, permettendo di concentrarsi sul lavoro essenziale: disegnare e ottimizzare i propri layouts PCB.

CODICE: SPRINT-LAYOUT 5.0

PREZZO: ~~€47.88~~ € 46.80



Tutto ciò che serve per programmare in Basic

Un bundle che comprende il compilatore MikroBASIC di Mikroelektronika ed il libro in italiano che vi guiderà alla programmazione dei PIC utilizzando questo linguaggio di programmazione.

BUNDLE

CODICE: BUNDLEW

PREZZO: €164.00

OFFERTA

PICflash2 ICD

PICflash2 USB è un programmatore per i microcontrollori PIC di Microchip.Il nuovo PIC flash può effettuare la programmazione in-circuit debugging, il programmatore è in grado di eseguire un programma di MikroC, MikroBasic o MikroPascal su un controllore osservare i valori variabili, i registri speciali di funzione (SFR), la memoria EEPROM mentre il programma sta funzionando. Adatto alla programmazione anche dei più recenti micro della famiglia 18. Il micro viene connesso al programmatore attraverso 5 conduttori di cui due sono +5V e GND. A differenza di altri programmatori che utilizzano il bootload (quindi una parte di memoria del micro è riservata al programma di bootload) il PICFlash2 opera in modo che tutta la memoria del micro sia disponibile. I PIC possono essere programmati a 5V e 12.5 V. Se programmati a 5V, il pin RB3 non può essere usato per altri scopi eccetto la programmazione. PICFlash programma con +12.5V generati a partire dalla tensione di alimentazione di 5V per cui RB3 viene lasciato libero. La connessione con il PC avviene mediante porta USB.

CODICE: PICFLASH2 ICD PREZZO: ~~€126.00~~ € 118.80

Fai anche tu parte di facebook? Aggiungi Fare Elettronica alle pagine che ti piacciono!

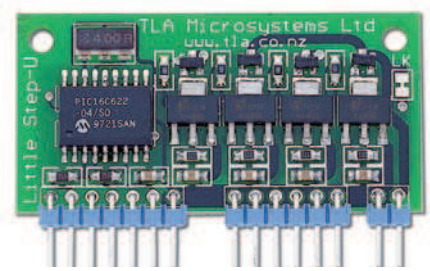
facebook
Rivista Fare Elettronica
su Facebook
Mi piace
www.facebook.com/farelettronica

Rimarrai costantemente aggiornato sulle novità della Rivista!

facebook

Lo shop della Community dell'elettronica

Controller per motori stepper



Little Step-U Motor è il più piccolo controllore per motori unipolari, permette di controllare il motore tramite seriale. Per mezzo di un modulo intelligente permette che il sistema host si concentri sull'operazione attuale mentre il Little Step-U Motor realizza tutti i calcoli e funzionamento del motore.

CODICE: LITTLE STEP-U MOTOR CONTROLLER

PREZZO: € 82.80

BEST SELLER

Motor controller a doppio passo

La Board BS0710-USB è un motor controller a doppio passo Unipolare/Bipolare che può essere controllato da un microcontroller usando l'interfaccia seriale o un PC utilizzando la connessione USB. Include la capacità di guidare uno o due motori a passo, ognuno dei quali può essere unipolare (4-pole) o bipolare (2-pole). Questa unità è una ottima scelta per coloro i quali disegnano prodotti usando attuatori lineari, specialmente dato il fatto che le caratteristiche di micro stepping riducono i livelli di rumore e possono incrementare notevolmente la precisione di posizionamento. La board è specificatamente disegnata per permettere fino a 1 amp per winding, con motori supportati da 6.5 a 15 volt in caso di alimentazione singola. Inoltre supporta una doppia alimentazione, ogni qual volta i motori usano un ingresso di alimentazione diverso da quello per i circuiti logici; in questo modo, può essere utilizzata un alimentazione per i motori fino a 34 volt.

CODICE: 27969

PREZZO: €138.00

Abbonamento Club Firmware Digital

Firmware, prima tra le riviste italiane di elettronica, è da oggi disponibile in una nuova, fantastica edizione digitale! I vantaggi della edizione digitale sono numerosissimi:

- non più solo testo ma anche video!
- possibilità di grande interazione per il lettore
- links a tutte le varie risorse aggiuntive
- possibilità di cercare un testo nella rivista corrente e nell'archivio (!)
- possibilità di stampare tutta la rivista o anche solo alcune parti
- possibilità di leggere la rivista offline scaricandola sul PC
- possibilità di leggere la rivista con gli e-reader
- abbonamento a prezzo ridottissimo

Abbonamento a 6 numeri di Firmware Edizione digitale compreso un anno di iscrizione al Club di Firmware.

CODICE: FW-ABB CLUB FIRMWARE

EDIZIONE DIGITALE PREZZO: 29.50€

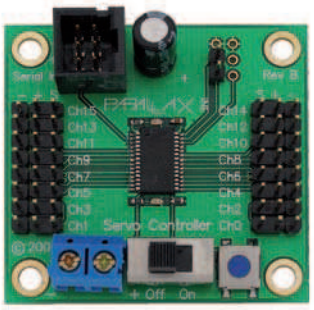
Abbonamento CLUB Firmware digitale al prezzo del premium (€19.50 anziché €29.50!!

Controllo per servomotori

Scheda di controllo per servomotori attraverso seriale (MAX232). La scheda di controllo può gestire fino a 16 servomotori contemporaneamente. I servo posso essere controllati facilmente da un modulo BasicStamp. Tutti i 16 motori posso essere allineati con semplici istruzioni!!

CODICE: 28023

PREZZO: € 43.20



Sensore ottico

TSL 230 è un sensore ottico con sistema TAOS (Texas Advanced Optical Systems) precisamente misura la luce utilizzando un allineamento dei fotodiodi, con un'uscita delle onde quadrate digitali. Il TSL230 ha una gamma dinamica dell'input di 160dB; cioè può misurare la luce sopra una gamma di 100.000.000 to-1. Il TLS230 è programmabile per la conversione luce/frequenza. L'uscita può essere un treno di impulsi o un'onda quadrata (duty cycle 50%) con frequenza direttamente proporzionale ad intensità della luce. La sensibilità del dispositivo è selettiva e la frequenza dell'uscita può essere regolata da uno di quattro valori prestabiliti.

CODICE: TLS230

PREZZO: € 6.78

www.ieshop.it

I 10 articoli più richiesti

1 - Motor controller a doppio passo

2 - Libro "Microcontrollori PIC: Programmazione in Basic"

3 - Abbonamento CLUB Firmware Edizione digitale

4 - Scheda EASYPIC6

5 - Compilatore MikroBASIC-PRO

6 - Libro "Wireless Tesla"

7 - SOMO-14D

8 - Compilatore mikroC-dsPIC

9 - Bundle V: 5 ebook in offerta

10 - PoScope Mega1 Bundle

Ordinare direttamente tramite internet conviene! Potrai infatti aggiudicarti dei buoni sconto (coupon) con le modalità:

COUPON ABBONAMENTO ONLINE FE E FW
Sottoscrivendo un nuovo abbonamento o rinnovando il proprio online, direttamente tramite IE SHOP, si ha diritto ad un coupon del 15%! **Qualora ci si abbona (sempre online) a Fare Elettronica e Firmware insieme il coupon è del 20%!**

COUPON QUIZ "ELETTROQUIZ"
Rispondendo ai Quiz presente ogni mese su Fare Elettronica si avrà diritto ad un coupon del 10%. Tutte le risposte pervenute saranno accuratamente valutate dagli autori dei quesiti e, in caso di risposta esatta (oltre al Coupon) potrai vincere fantastici premi!

COUPON "ACQUISTI PREMIATI"
I tuoi acquisti su www.ieshop.it vengono premiati con un coupon del 10% se il tuo ordine supera i 100 EUR (IVA e spese di trasporto escluse). Ma se il tuo ordine supera i 200 EUR, lo sconto sale al 20%!

IMPORTANTE!
- Il coupon può essere speso **esclusivamente** ordinando sul sito www.ieshop.it
- Il coupon non potrà essere utilizzato in caso di nuova sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento, è invece utilizzabile per tutti gli altri prodotti presenti su www.ieshop.it
- Ogni coupon ha una scadenza, non dimenticarlo!
- Lo slogan "più acquisti più risparmi" pecca senz'altro di originalità, ma in questo caso è molto azzeccato: i coupon sono infatti utilizzabili solo una volta, usalo bene!
- I coupon non sono cumulabili, e vanno utilizzati singolarmente, secondo il criterio cronologico di assegnazione.

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Versamento — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 — di Euro ____,__

importo in lettere

INTESTATO A:
INWARE EDIZIONI SRL

ESEGUITO DA:

VIA - PIAZZA

CAP

LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE

AVVERTENZE
Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.
La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.
La ricevuta rilasciata dall'ufficio postale attesta l'avvenuto pagamento ed è valida quale ricevuta di versamento.

CAUSALE

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Accredito — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 — di Euro ____,__

TD 451

importo in lettere

INTESTATO A:
INWARE EDIZIONI SRL

CAUSALE

ESEGUITO DA:

VIA - PIAZZA

CAP

LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE
codice bancoposta

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOTTOSTANTE
importo in euro — numero conto — td

AUT. DB/SISB/E 20017 DEL 11.04.2006

70107552 < 451>

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOPRASTANTE!

AVVERTENZE

Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.

La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.

Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

Indagine sui lettori

Aiutaci a conoscerti meglio!
Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative!

Nome .....

Cognome .....

Via ..... n° .....

Cap ..... Città ..... Prov .....

Email .....

IL TUO SETTORE DI COMPETENZA:

- ❑ **B05** Direzione Tecnica
- ❑ **B06** Progettazione
- ❑ **B07** Studente
- ❑ **B08** Direzione Acquisti
- ❑ **B09** Insegnante
- ❑ **B10** Altro . . . . . .

PRODOTTO PRINCIPALE O SERVIZIO OFFERTO DALL'AZIENDA DOVE LAVORI:

- ❑ **C11** Apparecchiature elettriche, elettroniche, ICT
- ❑ **C12** Elettrodomestici
- ❑ **C13** Consulenza
- ❑ **C14** Apparecchiature scientifiche, misura e controllo
- ❑ **C15** Automotive
- ❑ **C16** Vending
- ❑ **C17** Altro . . . . . .

NUMERO DI DIPENDENTI DELLA TUA AZIENDA:

- ❑ **D18** fino a 10
- ❑ **D19** da 10 a 50
- ❑ **D20** da 50 a 100
- ❑ **D21** da 100 a 500
- ❑ **D22** oltre 500

FE 298/299

Solo se sei abbonato, indica il tuo codice abbonato: . . . . . .
e barra la casella di interesse:

TIPO DI ABBONAMENTO:

- ❑ **A01** Personale uso professionale
- ❑ **A02** Aziendale
- ❑ **A03** Scuola o Università
- ❑ **A04** Personale uso hobbistico

Compila il cedolino e invialo in busta chiusa o via fax allo 02 66508225 e riceverai GRATIS a tua scelta UN CD-ROM DEL VALORE DI 10 EURO

STARTER KIT
per lo sviluppo di applicazioni con i microcontrollori Freescale 9RS08

MASTERIZZARE DVD E FORMATO DIVX
un corso che spiega con esempi pratici come masterizzare DVD e in formato DivX.

Grazie per la preziosa collaborazione!

PRODOTTI

Se vuoi ordinare "offline" ovvero senza usare internet, usa il seguente modulo d'ordine **PRODOTTI**

COD. PRODOTTO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	Q.tà	Totale
			SUB TOTALE	
			SPESE DI SPEDIZIONE	
			TOTALE	

Nota. Se le righe non sono sufficienti, utilizzare più copie del modulo.
Per maggiori dettagli sulle spese di spedizione e i metodi di pagamento vedi retro cartolina.

FE298/299

METODI DI PAGAMENTO

✸ **BONIFICO BANCARIO** ✸ **BOLLETTINO POSTALE** ✸ **CONTRASSEGNO**

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ AMERICAN EXPRESS ☐ postepay

TITOLARE. . . . . .
NUMERO . . . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . . Cognome . . . . . .
Indirizzo . . . . . n° . . . . Cap . . . .
Città . . . . . Prov . . . . . .
Tel . . . . . Fax . . . . . Email . . . . . .
Ragione Sociale . . . . . .
Codice fiscale . . . . . Partita IVA . . . . . .

DATA . . . . . FIRMA . . . . . ✸ Fattura

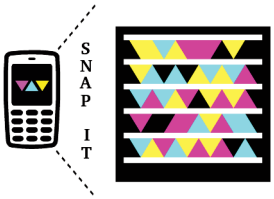
ABBONAMENTO

Sì, mi abbono a Fare Elettronica

✸ Abbonamento TRIAL a 3 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 16,50 anzichè € 18,00

✸ Abbonamento PREMIUM a 11 numeri di FARE ELETTRONICA a soli € 55,00 anziché € 66,00

✸ Abbonamento PRO a 11 numeri di FARE ELETTRONICA include il CD dell'annata 2009 a soli € 59,50 anziché € 96,00



Usa IEmobile! Abbonati al PRO al prezzo del PREMIUM

FE298/299

METODI DI PAGAMENTO (per maggiori dettagli vedi retro cartolina)

✸ **BONIFICO BANCARIO** ✸ **BOLLETTINO POSTALE** ✸ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ MasterCard ☐ VISA ☐ AMERICAN EXPRESS ☐ postepay

TITOLARE. . . . . .
NUMERO . . . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . . Cognome . . . . . .
Indirizzo . . . . . n° . . . . Cap . . . .
Città . . . . . Prov . . . . . .
Tel . . . . . Fax . . . . . Email . . . . . .
Ragione Sociale . . . . . .
Codice fiscale . . . . . Partita IVA . . . . . .

DATA . . . . . FIRMA . . . . . ✸ Fattura

ISTRUZIONI PER L'ORDINE E SPESE DI SPEDIZIONE

Il modulo d'ordine dovrà essere compilato in tutte le sue parti ed inviato via posta o via fax ai recapiti indicati sul modulo d'ordine stesso. Gli ordini potranno essere fatti anche direttamente online dal sito www.ieshop.it. In questo caso non sarà necessario inviare il modulo d'ordine. Le spese di spedizione ammontano a euro 8,50 a cui vanno aggiunti euro 3,50 se si sceglie di pagare in contrassegno.

METODI DI PAGAMENTO

Si accettano pagamenti ino in contrassegno, carta di credit, bollettino postale o bonifico all'ordine. Per il contrassegno verrà applicata una spesa aggiuntiva di euro 3,50 per le spese di contrassegno. Forme diverse di pagamento devono essere previamente concordate.

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento.

Contrassegno

La merce verrà pagata direttamente al corriere alla consegna della merce. Il pagamento in contrassegno comporta l'addebito di euro 3,50per spese di contrassegno.

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

TERMINI E CONDIZIONI

Tutti i prodotti sono coperti da garanzia. La garanzia copre tutti i difetti di fabbricazione entro un anno dal ricevimento della merce. Tutti i prodotti non funzionanti per uso improprio o incuria non saranno ritenuti in garanzia e saranno addebitati gli eventuali costi di riparazione. Tutti i prodotti verranno riparati e/o sostituiti direttamente dal produttore. Non sono coperti da garanzia i componenti elettronici (microprocessori, memorie, ecc.) La garanzia dei prodotti si intende F.co ns. sede, le eventuali spese di trasporto sono a carico del cliente salvo accordi diversi. Per dar corso alla riparazione/sostituzione in garanzia è necessario seguire l'apposita procedura di RMA.

PRIVACY

Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o tramite email all'indirizzo info@inwaredizioni.it

---

ABBONARSI ALLE RIVISTE INWARE EDIZIONI CONVIENE!

I vantaggi per gli abbonati sono, oltre al prezzo bloccato per un anno, la ricezione del numero direttamente a casa con la garanzia di ricevere tutti i numeri.
Inoltre un vistoso risparmio che, nel caso dell'abbonamento PLUS, ammonta a ben 36,50 euro.
L'abbonamento ha una durata di 12 mesi e comporta l'invio di 11 numeri di Fare Elettronica. Eventuali variazioni di indirizzo andranno comunicate tempestivamente alla Redazione che provvederà a registrare il cambiamento senza alcuna spesa aggiuntiva. L'abbonamento decorrerà dal primo numero raggiungibile alla data di avvenuto pagamento. Non sono previsti rimborsi in caso di disdetta dell'abbonamento.

METODI DI PAGAMENTO

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

Assegno bancario

È possibile spedire un assegno bancario unitamente a questo coupon.

CORRI IN EDICOLA!

NON PERDERE IL NUMERO DI QUESTO MESE

CODICE MIP 2793121

Firmware

in edizione digitale!

- non più solo testo ma anche video!
- possibilità di grande interazione per il lettore
- llinks a tutte le varie risorse aggiuntive
- possibilità di cercare un testo nella rivista corrente e nell'archivio (!)
- possibilità di stampare tutta la rivista o anche solo alcune parti
- possibilità di leggere la rivista offline scaricandola sul PC
- possibilità di leggere la rivista con gli e-reader (compreso iPhone e i Pad)
- abbonamento a prezzo ridottissimo

Richiedi la tua copia saggio qui:
http://mailing.fwonline.eu

CODICE MIP 2793113